विज्ञान-ग्रन्थमाला

संख्या ४



चुम्बक

लेखक

पं० सालिग्राम भार्गव, एम एस-सी.

सम्पादक

गोपालस्वरूप भार्गव, एम. एस-सी.

प्रकाशक

विज्ञान-परिषद् प्रयाग

प्रथमवार] १६७४ [मूल्य ।=)

विषय सूची

भूमिका

विज्ञान ग्रन्थमालाकी यह चौथी पुस्तक है। उसमें चुम्बक और तत्सम्बन्धी विषयका प्रतिपादन विज्ञ लेखकने अत्यन्त सरल और सुबोध भाषामें किया है। यह पुस्तक इस बातका प्रत्यक्ष प्रमाण है कि हिन्दी भाषामें गूढ़से गूढ़ वैज्ञानिक विषय सुगमतासे लिखे जा सकते हैं। भारतीय विश्वविद्यालयोंकी एफ० ए० परिक्षाओंमें चुम्बक विषयके जितने ज्ञानकी आवश्यकता होती है वह इस पुस्तकके पढ़नेसे हो सकता है। कई अशोंमें यह पुस्तक अपने कोटिकी अंग्रेजी भाषाकी पुस्तकोंसे उत्तम है। लेखकने इस पुस्तकके लिखनेमें बड़ा परिश्रम किया है। इसकी सामग्री एकत्रित करते समय उन्होंने इङ्गलैण्डके प्रसिद्ध वैज्ञानिक पत्रोंमें आविष्कर्ताओंके लेखोंको पढ़ा है और उसमें अनेक एसी बातों और प्रयोगोंका समावेश किया है जो अंग्रेजी भाषाकी साधारण पाठ्य पुस्तकोंमें प्राय: नहीं पाये जाते।

पुस्तक इस ढंगसे लिखी गयी है कि विज्ञानसे अनभिज्ञ पाठक भी आसानीसे विषयको समझ स-

कते ह। त्रिकोणमिति और गतिविद्याके आवश्यक आरम्भिक सिद्धान्त, जिनके जाने विना प्रतिपादित विषयका समझना असम्भव है, सक्षिप्त परन्तु पूर्ण रीतिसे अलग अध्यायोंमें दे दिये गये हैं, जिससे इन विषयोंसे अनभिज्ञ पाठक भी सुगमतासे पुस्तकको पढ सकें और लाभ उठा सकें। विषयको समझानेकेलिए अनेक प्रयोग दिये गये हैं, जिनको पाठक यदि चाहें तो अल्प परिश्रम और थोडे खर्चसे स्वयं भी कर सकते हैं। इसीलिये पुस्तकमें ६८ चित्र दिये गये हैं जिनसे प्रयोगोंकेलिए सामग्री तैयार करनेमें बडी सहायता मिलेगी।

पुस्तक रोचक हो इसलिए पुस्तकके लिखनेमें यथासम्भव बहुत कम गणितसे काम लिया गया है, परन्तु जो लोग विषयको पूर्ण रीतिसे अध्ययन करना चाहते हैं या कालेजके विद्यार्थी हैं उनके लिए गणितका अंश पुस्तकके अंतमें परिशिष्टमें दे दिया गया है। आशा है कि यह हर कोटिके पाठकोंका मनोरञ्जन करेगी।

गोपालस्वरूप भार्गव

चुम्बक

१–भूमिका

पृथ्वीपर सैकडों जगह और भारतवर्षमें कहीं कहीं, विशेषत गवालियर राज्यमें, एक प्रकारका काला पत्थर मिलता है जिसमें यह शक्ति होती है कि लोहेकी चीजोंको अपनी ओर खींच लेता है, जो जाकर उससे चिपट जाती है। चिपटी हुई चीजोंको छुडानेसे यह स्पष्टतया ज्ञात हो जाता है कि लोहेकी चीज उस काले पत्थरकी ओर खिंची जा रही है। इस काले पत्थरको जिसमें लोहेकी वस्तुओंको अपनी ओर खींचनेकी शक्ति है लोहचुंबा अथवा चुम्बक कहते हैं।

इस समय मैं यह नहीं बतला सकता कि भारतमें पहले पहल चुम्बक किसने और कहां पाया, पर ऐसी बातें बतलायी जा सकती हैं कि जिनसे पाठक कुछ अनुमान कर सक्ते हैं। गुजरातमें प्राचीन कालका बना हुआ एक मन्दिर था जिसमें ठाकुरकी प्रतिमा हवामें लटकी हुई थी। जब मन्दिरपर आघात हुआ और मन्दिर तोडने

और मूर्ति खंडित करनेकी इच्छासे चार कोनोंमेंसे एक कोना गिराया गया तो मूर्ति भी पृथिवीपर गिर पड़ी। इससे केवल इतना ही नहीं प्रतीत होता है कि जिस समय मन्दिर बना उस समय चुम्बक मिलता था किन्तु यह भी प्रतीत होता है कि बनाने वाले यह भी जानते थे कि चारों ओर चुम्बक किस प्रकार लगावें कि लोहेकी वस्तु हवामें लटकी रहे। उस समयके भारतवासियोंका चुम्बक-सम्बन्धी ज्ञान बड़ी उच्च कोटिका था, और यदि इस शास्त्रमें बराबर उन्नति होती चली आती तो वर्तमान समयमें न मालूम वह कितनी उन्नत दशामें होता।

परन्तु किसी कारणसे इस विषयमें अधिक गवेषणाएं नहीं हुईं। भारतवासियोंको केवल इतना ही मालुम रहा कि चुम्बक लोहेको अपनी ओर खेंच लेता है। कभी कभी कोई बालक अपनी चतुराई दिखानेकेलिए एक सुई थालीमें रख और एक छोटासा चुम्बक उंगलियोंके बीचमें छिपा थालीके नीचे इधर उधर चलाते हैं, जिससे सुई भी थालीमें इधर उधर चलने लगती है। यह खेल दिखलाकर बालक कहते हैं कि उनकी उंगलीमें अद्भुत शक्ति है जिसके कारण सुई उनकी उंगलीके साथ साथ चलती है। इससे यह स्पष्ट है कि

देशकी प्रचलित वार्ताको बच्चे शीघ्र ही जान जाते हैं जिससे उनकी शिक्षामें बडा सुभीता होता है।

चीनका इतिहास देखनेसे ज्ञात होता है कि ५००० वर्ष पूर्व भी वहाके मुसाफिर एक स्थानसे दूसरे स्थानको जानेकेलिए दिशाका पता इसी चुम्बकसे लगाया करते थे। यह हम आगे बतावेंगे कि इससे दिशाका पता कैसे चलता है। यूरोप-वाले आजकल भी जहाजोंपर इससे ही दिशाका पता चलाते हैं। हिन्दू जो बडे ज्योतिषी थे दिशा-का पता तारासे लगा लेते होगें। यूरोपके इतिहासमें चुम्बकका उल्लेख ११ वी शताब्दीमें मिलता है। इसके पश्चात् वहाके लोग उसके गुणोंकी खोजमें लग गये और उससे असीम लाभ उठाया।

२—चुम्बकके गुण

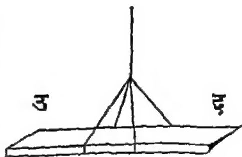
किसी कागजके टुकडेपर एक चुम्बक रख दो और लोहेका बुरादा अथवा लोहेके बारीक तारके छोटे छोटे टुकडे उसपर बुरक दो। चुम्बकको हाथमें उठा लो और उसे उलट दो जिससे कि उसका वह तल जिसपर आपने लोहेका बुरादा डाला था



चित्र नं० २

नीचे अथवा पृथ्वीकी ओर हो जाय। बुरादा चुम्बकके बीचके भागसे गिर जायगा और इतना भाग छोड शेष चुम्बकपर दोनों छोरोंतक लगा रहेगा। बुरादा अधिकाश सिरोंपर ही चिपटा रहेगा जिससे यह प्रतीत होता है कि सबसे अधिक आकर्षण शक्ति सिरोंपर है, इसीलिए इन को चुम्बकीय शक्तिका केन्द्र अथवा केन्द्र कहते हैं।

एक तागेके सिरेपर इस प्रकारके दो फँदे बनाओ कि उनमें रखा हुआ चुम्बक सीधा लटका रहे जैसा चित्र न० २ में दिखलाया गया है। थोडी देरतक चुम्बक इधर उधर घूमता रहेगा फिर इस प्रकार ठहरेगा कि उसका एक सिरा उत्तरकी ओर और दूसरा दक्षिण की ओर होगा। जो सिरा उत्तरकी ओर हो उसपर लाल स्याही, पेन्सिल अथवा रेतीसे एक चिन्ह बनादो जिससे यह पहचान लिया जाय कि कौनसा सिरा उत्तरकी ओर रहता है। इस प्रकार



चित्र न० २

प्रकार चिपट जायगे जैसे चुम्बकसे चिपटते हैं। बीचमें बिलकुल नहीं होगे, सिरोंपर अधिक चिपट जायँगे और चुम्बकके हटानेसे पृथ्वीपर गिर जायगे। यदि चुम्बक और लोहेके टुकडोको पृथ्वीपर ही रखते तो यह बात न दिखाई देती। छडके पास चुम्बक लानेसे लोहेके टुकडे उससे फिर चिपट सकते हैं किन्तु चुम्बक हटानेसे वे फिर गिर जायगे।

यह मुलायम लोहेका टुकड़ा उस अस्थिर चित्तवाले मनुष्यकी तरह है जो जबतक सतसगमें रहता है अच्छे काम करनेको उद्यत रहता है परन्तु जैसे ही सतसगसे हटा कि सद्विचारोंको भी त्याग देता है। परन्तु कडा लोहा और फोलाद इस मुलायम लोहेकी तरह नहीं है। चुम्बक हटालेनेपर भी इनके टुकडोमें कुछ चुम्बकत्व रह जाता है। वास्तवमें मुलायम लोहेमें भी कुछ न कुछ चुम्बकत्व बच ही रहता है, पर यह बहुत ही कम होता है। लोहे और फौलादमें केवल दरजेका ही अन्तर है।

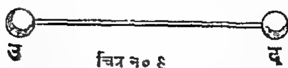
यदि लोहेकी छडके पास चुम्बकका उत्तरी सिरा हो तो इसके उस सिरेके पास जो चुम्बकसे दूर है एक दिक्-सूचक लानेसे मालूम

सिरेके पास लाओ तो देखोगे कि लटके हुए चुम्ब
कका उत्तरी सिरा उससे दूर हटने लगता है। यदि दक्षिणी सिरा लाया जाय तो लटके हुए चुम्बकका उत्तरी सिरा उसकी ओर खिंचेगा। इसी प्रकार लटके हुए चुम्बकके दक्षिणी सिरेके पास दूसरे चुम्बकका दक्षिणी सिरा लानेसे वह हटेगा, और उत्तरी सिरा लानेसे वह खिंचेगा। इन प्रयोगोंसे यह मालूम हो गया कि समान (सजातीय) सिरे एक दूसरेको हटाते हैं और असमान (विषम जातीय) सिरे एक दूसरेको खींचते हैं। यदि किसी लोहेको जांचना हो कि चुम्बक है या नहीं तो उसको किसी दिक्सूचकके पास लाकर देखना चाहिये कि वह उसके किसी सिरे-को हटाता है कि नहीं। हटाना (निराकरण) ही चुम्बककी पहिचान समझना चाहिये क्योंकि चुम्बक लोहेकी ओर भी खिंच आता है।

चुम्बकका एक और गुण यह है कि जो लोहेका टुकडा उसके पास रखा जाता है वह भी चुम्बक बन जाता है। चुम्बकको एक लकडीके टुकडेपर रखिये, और उसके पास एक मुलायम लोहेकी छड़ उतनी ही ऊचाईपर रखिये। लोहेके छोटे छोटे टुकडे इस छडके पास लानेसे उसी

जो पहले दक्षिणी था वह दक्षिणी ही रहा पर उत्तरी केन्द्रवाले टुकडेका दूसरा सिरा दक्षिणी और दक्षिणी केन्द्रवालेका दूसरा सिरा उत्तरी हो गया। लोहेका बुरादा डालनेसे मालूम होगा कि प्रत्येक टुकडेके सिरेपर बुरादा लग गया है और मध्य भाग खाली है। चुम्बकके दो टुकडे करनेसे उसके जैसे दो चुम्बक पैदा हो जाते हैं, इसी प्रकार तोड तोडकर चुम्बकके कितने ही टुकडे क्यों न कर लें प्रत्येक भाग चुम्बक ही मिलेगा। इससे यह समझा जाता है कि चुम्बकका प्रत्येक अणु चुम्बक है। लोहेके प्रत्येक अणुको भी चुम्बक ही समझना चाहिये क्योंकि केवल चुम्बक फेरनेसे लोहा चुम्बक हो जाता है। उसके स्वभावमें इतना बडा परिवर्त्तन अवश्य हो जाता है किन्तु टुकडेको चुम्बक बनानेके पहले और पीछे अच्छेसे अच्छे काटेमें भी तोलनेसे उसके बोझमें कोई अन्तर नहीं मिलता है। रासायनिक विधियोंसे इस लोहेके टुकडेकी जॉच करनेपर मालूम होगा कि चुम्बक बननेके बाद भी वह ऐसा ही लोहा है जैसा पहले था। इसलिए मानना पडता है कि लोहेका प्रत्येक अणु वास्तवमें चुम्बक ही होता है। जिन रीतियोंसे साधारण चुम्बक बनाते हैं,

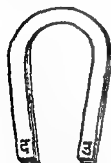
४ यनेटी की शकलका चुम्बक। (चित्र ९)



चित्र न० ९

५ घोडेकी नालकी तरह मुडा हुआ अथवा नाल-चुम्बक। (चित्र १०)

अब आप किसी प्रकारका चुम्बक लेकर मोजे बुननेकी सुई अथवा टूटी घडीकी कमानीके टुकडेको चुम्बक बनालें या बना बनाया पतला चुम्बक जिसको तोड सकें ले ले। इसके बीचमें कोई शक्तिका केन्द्र नहीं है। अब यदि चुम्बकको दोनों हाथोंमें ऐसे थामें कि दहने हाथमें उत्तरी और बाएँमें दक्षिणी केन्द्र हो और बीचमेंसे तोडें तो आप यह समझेंगे कि केवल उत्तरी केन्द्र दहने हाथमें और दक्षिणी केन्द्र बाएँ हाथमें रह जायगा। परन्तु प्रत्येक टुकडेके सिरोंको दिक्सूचकके पास ले जानेसे ज्ञात होगा कि हर एक टुकडेमें उत्तरी और दक्षिणी सिरे हैं। जो सिरा पहले उत्तरी था वह उत्तरी ही रहा और



चित्र न० १०

जो पहले दक्षिणी था वह दक्षिणी ही रहा पर उत्तरी केन्द्रवाले टुकडेका दूसरा सिरा दक्षिणी और दक्षिणी केन्द्रवालेका दूसरा सिरा उत्तरी हो गया। लोहेका बुरादा डालनेसे मालूम होगा कि प्रत्येक टुकडेके सिरेपर बुरादा लग गया है और मध्य भाग खाली है। चुम्बकके दो टुकडे करनेसे उसके जैसे दो चुम्बक पैदा हो जाते हैं, इसी प्रकार तोड तोडकर चुम्बकके कितने ही टुकडे क्यों न कर लें प्रत्येक भाग चुम्बक ही मिलेगा। इससे यह समझा जाता है कि चुम्बकका प्रत्येक अणु चुम्बक है। लोहेके प्रत्येक अणुको भी चुम्बक ही समझना चाहिये क्योंकि केवल चुम्बक फेरनेसे लोहा चुम्बक हो जाता है। उसके स्वभावमें इतना बडा परिवर्त्तन अवश्य हो जाता है किन्तु टुकडेको चुम्बक बनानेके पहले और पीछे अच्छेसे अच्छे कांटेमें भी तोलनेसे उसके बोझमें कोई अन्तर नहीं मिलता है। रासायनिक विधियोंसे इस लोहेके टुकडेकी जाँच करनेपर मालूम होगा कि चुम्बक बननेके बाद भी वह ऐसा ही लोहा है जैसा पहले था। इसलिए मानना पडता है कि लोहेका प्रत्येक अणु वास्तवमें चुम्बक ही होता है। जिन रीतियोंसे साधारण लोहेको चुम्बक बनाते हैं,

उनका प्रभाव केवल लोहेके अणुओंको एक विशेष क्रमसे लगा देना है। यह सिद्धान्त नीचे दी हुई परीक्षा करनेसे शीघ्र समझमें आ जायगा। एक लोहेका चौखटा बनाओ जिसके चारों बाजू बराबर हों और अलग अलग हो सकें। चारोंको चुम्बक बना लो फिर चारोंको इस प्रकार जोडो कि एकका उत्तरी और दूसरेका दक्षिणी सिरा मिला रहे जैसा चित्रमें दिखलाया गया है। इस चौखटेके चारों टुकडे चुम्बक हैं पर इस प्रकारका चौखटा साधारण परीक्षाओंसे चुम्बक न मालूम होगा *। इससे यह सिद्ध हुआ कि साधारण अवस्थामें लोहेके अणु-चुम्बक इस प्रकारसे जुडे रहते हैं कि मालूम न हो किन्तु चुम्बक इन अणुओंको इस प्रकार फेर देता है कि उसमें चुम्बकत्व दीख जाता है। जब चुम्बकत्व आ जाना केवल अणुओंकी रचनाका बदलना ही है तो एक अवस्था ऐसी भी आ सकती है जिसमें रचनाका पूरा परिवर्तन हो

द उ
उ द
द उ
उ द

* यदि बहुतसे चुम्बक लेकर इस प्रकार जोडे जाय कि उनका एक चक्र बन जाय तो चुम्बकत्व बिलकुल मालूम न होगा, सम्भव है कि केवल चार चुम्बक ही लेने से कुछ चुम्बकत्व मालूम हो।

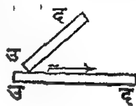
जाये और उसके पश्चात् और अधिक चुम्बकत्व लोहेमें न लाया जा सके। जब लोहा इस अवस्था-को पहुँच जाय तो उसकी अवस्थाको परिपूर्ण अवस्था कहते हैं।

३—चुम्बक बनानेकी रीतियां

पहले अध्यायमें हम यह बतला चुके हैं कि यदि कोई फौलादका टुकडा किसी चुम्बकके पास रख दिया जाय, तो वह चुम्बक बन जाता है। पर इस रीतिसे उसके चुम्बक बननेमें बडी देर लगती है और वह बलवान चुम्बक नहीं बनता। अतएव चुम्बक बनानेकी अन्य रीतियोंपर विचार करना आवश्यक है।

पहिली रीति—जिस लोहेके टुकडेको चुम्बक बनाना हो, उसे जमीनपर या मेजपर रक्खो और उसका एक सिरा बाएं हाथके अंगूठेसे दबाओ। अब दाएं हाथमें किसी चुम्बकको पकड-कर उसका एक छोर लोहेपर अंगूठेके पास रखो, तदनन्तर उसे खींचकर लोहेके दूसरे छोरतक ले जाओ। फिर चुम्बकको पहिलेकी भांति लोहेपर रखकर दूसरे छोरतक खींचो। दस बारह बार

चुम्बकको इसी भांति लोहेपर फेरो, पर यह ध्यान रहे कि चुम्बकका वही छोर हर बार अगूठे के पाससे लोहेके दूसरे छोरतक खींचा जाता है। अब लोहेको उलट दो। पहलेवाला छोर ही अगूठेसे दबाओ और चुम्बकका पहलेवाला छोर ही पहलेकी भांति लोहेपर फेरो। [देखो चित्र ११]



चित्र न० ११

इस रीतिमें लोहेके टुकडेके प्रत्येक भागपर चुम्बक एक बार फेरा गया है, इसलिए इस रीतिको एक स्पर्शकी रीति कहते हैं। यह रीति फौलादके छोटे छोटे तारोंकेलिए, जैसे सीनेकी सुइया, बहुत अच्छी है। परन्तु जो प्रत्येक बार चुम्बक एक ही प्रकार न फेरा जावे तो कभी कभी सिरोंके अतिरिक्त चुम्बकीय केन्द्र बीचमें भी उत्पन्न हो जाते हैं।

दूसरी रीति—यह रीति स० १७४५ में निकाली गई थी। इस रीतिसे चुम्बक बनाना हो तो दोनों हाथोंमें एक एक चुम्बक लेकर उनके विषम जातीय सिरे (केन्द्र) लोहेके टुकडेके (जिसे चुम्बक बनाना है) बीचमें रखो और तदनन्तर प्रत्येक

चुम्बकको लोहेसे स्पर्श कराते हुए, लोहेके उस सिरेतक ले जाओ, जो उसके निकटवर्ती हो। जब चुम्बक लोहेके दोनों छोरोंतक पहुच जाय, तो फिर उन्हे लोहेके मध्यमें पहलेकी भांति लाकर रखो। तदनन्तर पहलेकी भांति खींचकर लोहेके दोनों छोरोंतक ले जाओ और फिर लोहेके मध्यमें लाकर रखो। इस प्रकार दस बारह बार फेरनेसे लोहेका टुकडा चुम्बक बन जायगा। [देखो चित्र १२]



चित्र न० १२

इस रीतिसे लोहेके बडे बडे टुकडे भी अच्छे चुम्बक बनाये जा सकते थे, अतएव इस रीतिमें उन्नति करनेकी चेष्टा की गई। जो परिवर्तन इस रीतिमें किया गया, वह नीचे दिया जाता है।

दो चुम्बक लो और उनको इस प्रकार एक रेखामें रखो कि उनके विषम जातीय सिरे आमने सामने हो। इन दोनों सिरोंपर वह लोहेकी छड रखो जिसे चुम्बक बनाना है। अब दो और चुम्बक लेकर, उनको दोनों हाथोंमें पकड, और उनके विषम जातीय सिरे मिलाकर, लोहेके टुकडेके बीचमें

रखो, पर यह ध्यान रहे कि इनके विषम जातीय सिरे उसी क्रमसे रखे जायं जैसे नीचेवाले चुम्बकोंके रखे हैं, अर्थात् यदि दाईं तरफ रखे हुए नीचेवाले चुम्बकका छोर उत्तरी हो तो दाएँ हाथमें थामे हुए चुम्बकका भी उत्तरी हो (यहा पर चुम्बकोंके उन्हीं छोरोंका विचार है, जो लोहेसे स्पर्श करते हैं)। चुम्बकोंके रखनेकी विधि चित्र १३ से स्पष्टतया समझमें आ जायगी।



चित्र न० १३

ऊपरके चुम्बकोंका झुकाव दो या तीन अंशके करीब होना चाहिए। यद्यपि झुकाव न्यूनाधिक हो तो भी लोहा चुम्बक अवश्य बन जायगा, पर प्रयोगोंसे सिद्ध हुआ है कि दो या तीन डिगरीका ही झुकाव रखनेसे चुम्बक अच्छा बनता है।

बडे और चौडे टुकडोंकेलिए यह रीति बहुत अच्छीहै परन्तु उनकी मोटाई $\frac{१}{१२}$ इंचसे अधिक न हो। जितना कड़ा फौलाद होता है उतना ही प्रबल

चुम्बक होता है। इस रीतिमें एक भागपर एक चुम्बक फेरा जाता है और दूसरे भागपर दूसरा इसलिए इस रीतिको पृथक् स्पर्शवाली रीति कहते हैं। इस रीतिसे बीच बीचमें केन्द्र (गौण केन्द्र) बन जानेका कोई भय नहीं है। इसी कारण दिक्सूचकके चुम्बक इस रीतिसे बनाये जाते हैं।

तीसरी रीति—यह सब तरहके छोटे बडे चौडे और मोटे टुकडोंकेलिए उपयुक्त है। दो चुम्बकोंके विषम जातीय सिरोंके बीचमें लकडी या कागजके चौथाई इंच मोटे दो टुकड या इतनी ही मोटी एक लकडीकी पट्टी देकर बाध लो जैसा चित्र १४ में दिखलाया गया है। इस जुट्टको लोहेके टुकडेपर रखकर एक सिरेसे दूसरे सिरेतक ले जाओ, फिर दूसरे सिरेसे लौटाकर पहले सिरेपर ले आओ। इसी प्रकार दस या बारह दफे फेरो। लोहेका टुकडा चुम्बक बन जायगा, पर बहुत ही अच्छा चुंबक बनानेकेलिए इस रीतिमें यह परिवर्तन करना पडेगा —लोहेको दूसरी रीतिकी नाई दो चुम्बकोंपर रखकर जुट्टको लोहेके बीचमें रखो, बीचसे किसी एक सिरेतक



चित्र न० १४

ले जाओ, वहांसे दूसरे सिरेतक लौटाल लाओ, फिर दूसरे सिरेसे वीचतक लाओ और वीचमें पहुचनेपर जुट्ट सीधा ऊपर उठा लो। थोडी देर वाद फिर वीचमें रखकर, वीचसे एक सिरेतक एक सिरेसे दूसरे सिरेतक और दूसरे सिरेसे वीचतक फेरो। प्रत्येक वार उठाने और रखनेके वदले वीचसे एक सिरेतक इससे दूसरेतक और दूसरेसे फिर पहलेतक--इस प्रकार दस या वारह वार एक सिरेसे दूसरे सिरेतक ले जाकर, दूसरे सिरेसे वीचमें लाकर सीधा ऊपर उठा लो। इस प्रकार यह जुट्ट प्रत्येक भागपर उतनी ही वार फेरा जावेगा। दो चुंवकोंके जुट्टके वदले नालचुंवकसे भी काम लिया जा सकता है। [वहुत ही प्रवल चुंवक वनानेकेलिए लोहेके टुकडेको दो चुवकों पर रखनेके वदले विद्युच्चुम्बकके सिरोंपर रख दो और नालचुंवक लेकर उसपर उसी प्रकार फेरो जैसा ऊपर वतलाया गया है] । इस रीतिसे वहुतसे टुकडे वरावर रखकर एक ही वार चुम्वक वनाये जा



चित्र न० १५

चित्र १५—इसमें चार लोहेके टुकडे एक सीधमें रख कर चुम्वक वनाये गये हैं।

सकते हैं जैसा चित्र १४ में दिखलाया गया है। बीच-वाले छड प्रबल चुंबक बनते हैं और किनारे-वाले दुर्बल होते हैं। इसलिए आपसमें एक दूसरेकी जगह बदलकर बीचवालोंको किनारेपर और किनारेवालोंको बीचमें बदलकर रखनेसे सब परिपूर्ण चुंबक बन सकते हैं। क्योंकि बीचके भागमें सिरोंके भागसे अधिक चुंबकत्व होता है इस रीतिसे ऐसे चुंबक नहीं बनाये जाते हैं जिनके प्रत्येक भागमें समान चुम्बकत्व होना चाहिये जैसे दिक्सूचकोंके चुम्बक। उन सब लोहेके टुकडोंको, जिन्हें चुम्बक बनाना हो, एक सीधी लकीरमें न रखकर चौखटकी शकलमें रख सकते हैं। एक कोनेसे नालचुम्बक फेरना आरम्भ किया जावे और दस बारह चक्कर उस चौखटके चारों ओर लगाकर आरम्भमें जिस स्थानपर था, वहा लाकर उठा लिया जावे। यदि नालचुम्बक अच्छा हो तो इस रीतिसे बहुत अच्छे चुम्बक बनते हैं। चुम्बकोंको अलग करते समय उनके जोडोंपर एक लोहेका टुकडा दोनों चुम्बकोंपर रखकर अलग किया जावे। अलग करते समय बहुत सा चुम्बकत्व जाता रहता है, परन्तु इस उपायसे बहुत कमी नहीं होती।

कुलम्ब वडे वैज्ञानिक हो गये हैं। उनके काम-से आगे चलकर हमको अधिक परिचय होता जायगा। उन्होंने भी अपने प्रयोगोंकेलिए चुम्बक बनानेमें कुछ परिवर्तन सहित इसी रीतिका अवलम्बन किया। उनके चुम्बक इस प्रकारसे गडे नहीं थे जैसे ऊपर परन्तु कुछ टेढे रक्खे गये



चित्र न० १६

थे जैसे चित्र १६में दिखलाये गये है। एक लकडीके टुकडेको इन दो चुम्बकोंसे दबाकर बीचसे सिरे-तक और सिरेसे दूसरे सिरेतक इत्यादि दस बारह बार फेरकर बीचसे उठा लेते थे। छडोंको दूसरी रीतिकी नाई दो चुम्बकोंपर रखते थे। चित्रमें यह भी दिखलाया गया है कि वे एक चुम्बककी जगह चुम्बकोंके जुट्टसे काम लिया करते थे। यह जुट्ट इस प्रकार बनाये जाते थे जैसा कि चित्र १७ व १८ में दिखाया गया है। इनके सिरोंपर लोहेके टुकडे लगा दिये जाते हैं और ऊपर नीचेके दोनो चुम्बकोंके बीचमें एक ऐसा चुम्बक रखा जाता है जो दोनोंसे

लम्बा हो। मोटे चुम्बक नहीं लिये जाते हैं। दो चुम्बकोंके साधारण जुट्टकी प्रबलता उनकी प्रबलताओंके जोडके बराबर नहीं होती इसलिए ही यह युक्ति निकाली गई। इन सब चुम्बकोंके उत्तरी सिरे एक ओर रहते थे और एक लोहेका टुकडा उनके सिरोंपर पेचोंसे कस दिया जाता था। चुम्बकोंका जुट्ट एक दूसरी रीतिसे भी बनाया जा सकता है। एक समान चुम्बकोंको सीढियों



चित्र न० १७



चित्र न० १८

[चित्र १७ में १२ चुम्बकोंका एक जुट्ट दिखाया है। चार चार चुम्बकोंकी तीन तह हैं। ऊपरसे देखनेसे जुट्ट ऐसा दिखाई देगा जैसा चित्र १७ के ऊपरके भागमें दिखाया है। बराबरसे देखनेपर, नीचे दिये हुए चित्रके समान दिखाई देगा। बीचके चारों चुम्बक ऊपर और नीचेकी तहोंके चुम्बकोंसे अधिक लम्बे हैं।]

की तरह जोड देते हैं जैसा चित्र १८ में दिखलाया गया है। एक को छोडकर एकका सिरा थोडा सा आगे निकाल दिया जाता है। ऐसा समझा जाता है कि इस जुट्टमें एक सिरेका दूसरेपर

कम प्रभाव पडता है। एक उत्तरी सिरा दूसरेके उत्तरी सिरेमें दक्षिणी सिरा उत्पन्न करता है जिससे उस सिरेकी प्रबलता कम हो जाती है।

नालचुम्बक भी इन्हीं रीतियोंमें थोडा सा परिवर्तन करनेसे बनाया जा सकता है। उस लोहेकी नालको जिसे चुम्बक बनाना चाहते हो किसी जगह रखो। (अच्छे चुम्बक बनाने केलिए १७॥ इंच लम्बी, १॥ इंच चौडी और $\frac{१}{४}$ इच मोटी छड लो और उसे इस प्रकार मोडो कि ६॥ इच लम्बी नाल बन जाय। दोनों बाजुओंमें १॥ इचका अन्तर हो)। अब (१) दोनों सिरोंपर एक लोहेका टुकडा रख दो (देखो चित्र १६) या (२) इस नालके एक सिरेके



चित्र न० १६

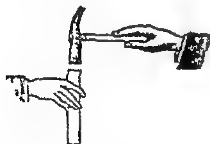
न—नाल ल—लोहेका टुकडा

सामने एक चुम्बकका उत्तरी सिरा और दूसरे सिरेके सामने दूसरे चुम्बकका दक्षिणी सिरा

रेको उत्तरी बनाना चाहो उसके
सरा हो और दूसरेके फिर
म्बक हाथमें लेकर णो (
त्तरी) सिरा

चित्र

इन तीनों रीतियोंमें चुम्बक बनानेकेलिए एक, दो अथवा अधिक चुम्बकोंकी आवश्यकता पडती है किन्तु बिना चुम्बकके भी चुम्बक बन सकता है। खडी या उस दिशामें रखकर जो आगे बतायी जावेगी इस छडके ऊपरी सिरेपर हथोडे से दस बारह बार चोट लगाओ। यदि इस छडके नीचे लोहेका टुकडा रख लिया जावे तो और भी अच्छा हो। उन देशोंमें जो भूमध्यरेखाके उत्तरमें है नीचेका सिरा उत्तरी और ऊपर का सिरा दक्षिणी हो जायगा किन्तु उन देशोंमें जो भूमध्यरेखाके दक्षिणमें हैं नीचेका सिरा दक्षिणी और ऊपरका उत्तरी होगा। इससे यह फल निकाल सकते है कि पृथ्वी स्वयं ही चुवक है और इस पार्थिव चुवकका दक्षिणी सिरा उत्तरमें और उत्तरी सिरा दक्षिणमें है। (देखो चित्र २२)



चित्र न० २२
नीचे छड और ऊपर हतौडा है।

ऊपर दी हुई रीतियां वही मनुष्य काममें लायेगा कि जिसके पास बिजली उत्पन्न करनेका उपाय

न हो अथवा जो बिजलीके गुणोंसे अपरिचित हो। बिजलीकी धारासे चुम्बक बनानेकी रीति सबसे सरल और निर्दोष है।

रुई या रेशमसे ढके हुए तांबेके मोटे तारोंकी एक छोटी सर्पिल बनाओ और प्रबल विद्युद्-धारा उसमें बहाओ (चित्र २३)। इस सर्पिलमेंसे

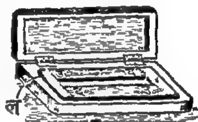


चित्र न० २३

एक ही बार धीरे धीरे निकालनेसे लोहेकी छड़ परिपूर्ण चुम्बक बन जायगी दो या तीन बार निकालनेसे तो अवश्य ही। इस रीतिमें सर्पिल खड़ा रखना पड़ेगा किंतु बड़े सर्पिलोंको लिटा देते हैं और छड़ोंको उनके अन्दर रख देते हैं। यदि सर्पिल खड़ा हो और इसके प्रत्येक चक्करमें धाराका प्रवाह बाएंसे दाहिनी ओर होता हो तो छड़का नीचेका सिरा उत्तरी और ऊपरका सिरा दक्षिणी होगा।

यदि बिजलीसे नालचुम्बक बनाना हो तो रुई या रेशम लिपटा तांबेका तार इस नालपर लपेट देंगे और इस तारमें विद्युद्धारा बहावेंगे। यह

कि इसका दक्षिणी सिरा उत्तरकी ओर हो तो पृथ्वी उसे उत्तरी सिरा बना देनेका यत्न करती रहेगी जिसके कारण चुम्बकका चुम्बकत्व घटता जावेगा। इसलिए दो दंड चुम्बक एक बक्समें इस तरह रखते हैं कि एकका उत्तरी और दूसरेका दक्षिणी सिरा एक ओर हो और दोनों ओर दो लोहेके टुकडे उनके विषम सिरोंको जोडते हुए रख देते हैं जैसा कि चित्र २६ में दिखलाया गया है।



चित्र न० २६
ल—लोहेका टुकडा।

नालचुम्बकके सिरोंको भी एक लोहेके टुकडेसे जोड देते हैं। चुंबकको पृथ्वीपर या और किसी चीजपर गिराना नहीं चाहिये न उसको कभी हतोडे या और किसी चीजसे ठोकना चाहिये। और कभी बहुत गरम भी नहीं करना चाहिये। यदि १००° श तक गरम किया जावे तो ठंडा होनेपर फिर अपनी पहली अवस्थापर आ जावेगा किंतु इससे अधिक गरम करनेसे चुंबकत्व सदाकेलिए कम हो जाता है। यदि किसी चुंबकका चुंबकत्व दूर करना हो तो उसको (चुम्बकीय) पूर्व पश्चिम

दिशामें रखकर तपाकर लाल कर लो और फिर उसी दिशामें रखकर उसे ठंडा कर लो, चुम्बकत्व बिलकुल कूच कर जायगा।

४—चुम्बककी प्रबलताकी जांच

चुम्बक बनानेकी रीतियोंमें यह बतलाया गया है कि एक रीतिसे दूसरीकी अपेक्षा अधिक बलवान चुम्बक बनते हैं, किंतु इस बातकी जांच करनेकी कोई विधि नहीं बताई गयी। बिना जांचके यह कह देना उचित नहीं है कि एक रीति दूसरी रीतिसे अच्छी है। प्रबलताकी जांच तीन रीतियोंसे हो सकती है। यहां केवल उनका वर्णन किया जायगा और आगे चलकर यह बतलाया जायगा कि इन रीतियोंसे प्रबलता क्योंकर जांची जा सकती है।

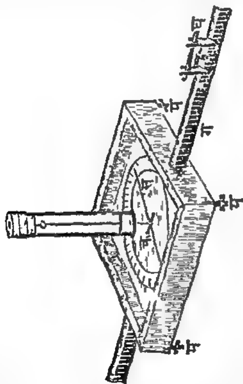
पहिली रीति-एक लकड़ीका ऐसा चोकोर बक्स लो जिसमें कमसे कम एक तरफ शीशा लगा हो और जिसका ढकना शीशेका हो। इस ढकनेके बीचमें एक छेद होना चाहिए। इसके पेंदेमें एक ऐसा कागज चिपका लो कि जिसमें डिग्रियां बनी हों। ढकनेके छेदमें एक पीतल, तांबे या शीशेकी एक नली लगा लो। इस नलीके ऊपरके सिरेपर एक

तक पहुंच सकता है। इस (सूचक) से चुम्बककी जगह मालूम करनेमें बडी आसानी होती है। टोपी को घुमाते जाओ, जबतक कि चुम्बक अपनी पहली जगहसे ५ या १० डिगरी हट जाय और टोपीके चक्करोंको भी लिख लो। टोपीपर निशान होनेके कारण $\frac{१}{२}$, $\frac{१}{४}$, चक्कर भी मालूम हो जायगा।

तागेकी पेंठन निकाल डालो और रुकावमें दूसरे चुम्बकको रखो और इसको भी ५ या १० डिगरी हटानेकेलिए जितने चक्कर टोपीको देने पड़ें उनको लिख लो। यदि पहिलेकी बराबर चक्कर देने पड़ें तो दोनों चुम्बक एक समान बलवान हैं। यदि दूसरेकेलिए पहलेकी अपेक्षा दुगने चक्करोंकी आवश्यकता हो तो दूसरा चुम्बक करीब करीब दुगना बलवान है। इसी तरह चक्करोंकी दूसरी सख्याको पहली सख्यासे भाग देनेसे दूसरे चुम्बककी प्रबलता पहलेकी अपेक्षा करीब करीब मालूम हो जायगी।

दूसरी रीति-बक्सके अन्दर रुकावमें एक चुम्बक रखो और उन दोनों चुम्बकोंमेंसे जिनकी प्रबलताकी तुलना करना हो एक चुम्बकको इस बक्ससे थोड़ी सी दूरीपर रुकाववाले चुम्बकके

पूर्व या पश्चिम उतनी ही ऊँचाईपर इस प्रकारसे रखो कि रुकाववाले चुम्बकके अक्षके साथ इस चुम्बकका अक्ष समकोण बनावे, जैसा चित्र २७ में दिखलाया गया है। वास्तवमें आसानीकेलिए लकड़ी या पीतलका गज इस बक्समें इस प्रकारसे जड देते हैं कि बक्सके अन्दर तो गज नहीं रहता



चित्र नं० २८

ग—गज, घ—घोड़ी, स—सूचक,

किंतु उसके दोनो तरफ बाहर निकला रहता है और

इसी गजपर एक घोडीसी होती है जिसपर चुम्बक रख दिया जाता है। इस यन्त्रको चुम्बकत्व मापक कहते हैं। चुम्बकके पास होनेसे बक्सके भीतरका चुम्बक घूम जायगा और किसी दूसरी स्थितिमें ठहरेगा। बाहरका चुम्बक इतनी दूरीपर रखना चाहिए कि भीतरवाले चुम्बककी दोनों स्थितियोंमें पांच या दस डिगरीसे अधिक कोण न हो।

इस कोणको देखकर लिख लो। यह कोण इस चुम्बक द्वारा विचलन (Deflection) हुआ। अब घोडीपरका चुम्बक हटाओ, देखोगे कि अब लटका हुआ चुम्बक फिर उसी जगह आकर ठहरता है, जहां पहिले घोडीवाले चुम्बककी अनुपस्थितिमें ठहरा था। दूसरे चुम्बकको घोडीपर रखकर उसके द्वारा जो लटके हुए चुम्बकका विचलन हो देख लो। यदि दोनों विचलन बराबर हैं तो दोनोंकी प्रबलता बराबर है और यदि बराबर न हों तो दूसरे विचलनको पहले विचलनसे भाग देनेसे दूसरे चुम्बककी प्रबलता पहलेकी अपेक्षा मालूम हो जायगी।

तीसरी रीति—ऊपरकी दोनों रीतियां कठिन हैं। उनमें बहुत सी सामग्री इकट्ठी करनी पडती है, परतु उनसे चुम्बकोंकी प्रबलताकी तुलना करना सुगम

है। इस तीसरी रीतिमें सामग्री विशेषकी आवश्यकता नहीं होती, परन्तु दो चुम्बकोंकी प्रबलताकी तुलना करना कठिन है। इसकी सरलताके कारण हम बतला देना ही उचित समझते हैं।

एक बक्समें चुम्बक लटका लीजिए या एक मामूली बोतल (चित्र ३६) लेकर उसका पेंदा अलग कर लीजिये, तदनन्तर उसके मुंहपर एक छड रखिये, जिसमें डोरा बान्धकर चुम्बक बोतलके अन्दर लटकाया जा सके। डोरेके निचले छोरपर कागजकी एक रकाब बनाकर लटका दीजिये और उस रकाबमें चुम्बक रख दीजिये। इसको कम्पन चक्कर कहते हैं।

ऊपरके प्रयोगोंके रकाबमें रक्खे हुए चुम्बकके पूर्व या पश्चिममें चुम्बक या लोहेका टुकडा लाने और हटानेसे चुम्बक क्षितिज धरातलमें इस तरह हिलने लगेगा जैसे कि किसी घडीका पहिया (wheel) क्षितिज धरातलमें या घटेका लटकन ऊर्ध्व तलमें ठहरनेके स्थानके दाईं और बाईं ओर हिलते

नोट—यदि विचलन १० या १२ डिगरीसे अधिक हों तो एक कोणकी स्पर्श रेखाको (tangent) दूसरे कोणके (tangent) स्पर्श रेखासे भाग देना पडेगा।

रहते है। जिस प्रकार घंटेके लटकनके प्रत्येक झोटेमें (अर्थात् दायेंसे वायेंको या वायसे फिर दायेंको जानेमें) सदैव एक बराबर ही समय लगता है, उसी भांति किसी चुम्बकके प्रत्येक झोटेमें भी उतना ही समय लगेगा। चुम्बकके १०, २० या और भी अधिक झोटोंमें जो समय लगे उसे निकालकर झोटोंकी संख्यासे भाग देकर एक झोटेका समय निकाल लो। इसी प्रकार दूसरे चुम्बकके भी एक झोटेका समय निकाल कर पहले चुम्बकके समयके वर्गको दूसरे चुम्बकके समयके वर्गसे भाग देनेसे दूसरे चुम्बककी प्रबलता पहले की अपेक्षा मालूम हो जायगी।

उदाहरण—यदि पहले चुम्बकके २० झोटोंमें १ मिनट लगे, तो उसके एक झोटेका समय ३ सेकंड हुआ और यदि दूसरे चुम्बकके २० झोटोंको ४० सेकंड लगें तो इसके एक झोटेका समय २ सेकंड हुआ।

$$\frac{\text{दूसरे चुम्बककी प्रबलता}}{\text{पहले चुम्बककी प्रबलता}} = \frac{3^2}{2^2} = \frac{9}{4}$$

अर्थात् दूसरा चुम्बक पहलेसे २ $\frac{1}{4}$ गुना बलवान है।

इस बातका ध्यान रहना चाहिये कि जिन

चुम्बकोंकी जाँच की जा रही है, वह एकसे लम्बे चौडे और मोटे हैं।

नीचे हम एक सूची देते हैं जिसमें कई रीतियोंसे बनाये हुए चुम्बकोंके झोटोंका

किस रीतिसे चुम्बक बनाया गया	एक झोटेका समय सेकण्डों में	आपेक्षिक प्रबलता
१-दूसरी रीतिसे, २० बार स्थिर चुम्बक एक पृष्ठपर फेरे गये	२२ १३	१
२-दूसरी रीतिसे, चुम्बक चारों पृष्ठपर फेरे गये	१४ ८७	$\frac{(\text{२२ १३})^{\text{२}}}{(\text{१४ ८७})^{\text{२}}}=\text{२.२२१}$
३-तीसरी रीतिसे दो चुम्बक लेकर	११ १३	३ ६५
४-तीसरी रीतिसे, नालचुम्बक लेकर	१० १६	४ ७१
५-तीसरी रीतिसे विद्युत् चुम्बके सिरों-पर रखकर नालचुम्बक फेरनेसे	८	७ ५२

समय निकाला गया है और उस समयसे उनकी प्रवलताकी तुलना की गई है।

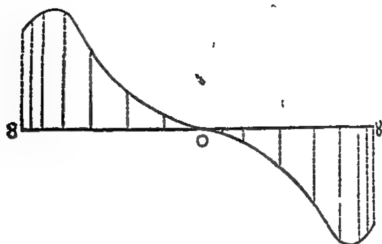
इससे स्पष्ट है कि जो रीति २०वें पृष्ठपर बतलायी गयी है उसीसे बहुत प्रवल चुम्बक बनते हैं।

५—चुम्यकमें चुम्बकत्व कहां रहता है

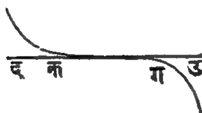
अब यह प्रश्न उठता है कि चुम्बकमें चुम्बकत्व कहां रहता है और शक्तिका केन्द्र कहा होता है। लोहेका बुरादा बुरककर कुछ ठीक ठीक पता चलना कठिन है। जो रीति नीचे दी जाती है उससे पूरा पूरा पता चल जायगा। एक मुलायम लोहेकी नोकीली कील या छड लो। इसको तराजू के उस कुन्देसे जिसमें पलडा लटकाया जाता है एक तागेके टुकडेसे बांध दो। दूसरे पलडेमें बांट रखते जाओ जबतक कि तराजूकी डंडी सीधी न हो जाय। तराजू बहुत अच्छी होनी चाहिये जिससे हलकी चीजें बहुत शुद्धतासे तोली जा सकें जैसी प्रयोगशालाओंमें काममें आती हैं। इस लोहेकी कीलके नीचे एक लकडीकी तिपाई इस प्रकार रखो कि पलडेसे न

लम्बाईकेलिए १ इन्च रखा है जैसे नकशोंमें सो सौ मीलोकेलिए आधा आधा चोथाई चौथाई इन्च रखते हैं। परिमाण इससे भिन्न भी माना जा सकता है। १,४,८ इन्च लम्बी लकीर भी ली जा सकती थी। बडा चित्र बनानेकेलिए बडा परिमाण और छोटा चित्र बनानेकेलिए छोटा परिमाण लेते हैं। इस चुम्बकके सिरेसे $\frac{1}{2}$, १, १$\frac{1}{2}$, २ इच इत्यादिकी दूरीवाली जगहके ऊपर कील रखनेसे जो उसके बोझमें अधिकता आ गई थी, वह मालूम कर ली गयी है[1]। इस अधिकताका भी एक परिमाण मानकर हर जगह एक एक लम्ब खडा कर लो। एक हिस्सेमें लम्ब ऊपरकी ओर हो और दूसरेमें नीचेकी ओर, क्योंकि एक ओर उत्तरी चुम्बकत्व है और दूसरी ओर दक्षिणी। यदि इन लम्बोंके सिरोंको जोडती हुई एक रेखा खींची जावे तो वह ऐसी होगी जैसी कि चित्र २६ में बनी है। इसको चुम्बकके चुम्बकत्वका वक्र कहेंगे। यह वक्र हर

[1] कीलके बदले एक लोहेकी गोली लेते हैं और प्रत्येक भागमें छुआ देते हैं और जो बोझ ... मालूम करते हैं।



चित्र न० ३०

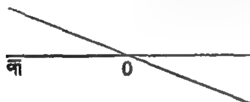


चित्र न० ३१



चित्र नं० ३२

चुम्बककेलिए भिन्न भिन्न आकारका होगा। किसीकेलिए चित्र ३० का सा और किसीकेलिए चित्र ३१ का सा हेा सकता है। जिसकेलिए वक्र चित्र ३२ का सा हेा उसको साधारण चुम्बक



चित्र नं० ३३

कहते हैं। जिस चुम्बकका वक्र चित्र ३१ का सा हेा उसकेलिए यह कहा जा सकता है कि इसका चुम्बकत्व केवल देा ही जगहोंमें है। जिन चुम्बकों-में गौण केन्द्र होते हैं उनके चुम्बकत्वके वक्रका आकार चित्र ३३ का सा होगा।



चित्र नं० ३४

ऐसे वक्रके आकारसे यह तुरन्त पता चल जाता है कि चुम्बक ठीक ठीक बना है या नहीं। दिक्सूचकके चुम्बकत्वका वक्र चित्र ३२ का सा

होना चाहिए। छोटे चुम्बकोंका वक्र ऐसा ही होता है।

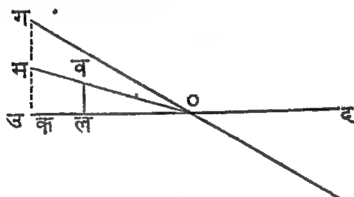
चित्र न० ३० और ३१ में क और ग के बीचके भागको उदासीनताका भाग कहते हैं। ऐसा मालूम पडता है कि इस भागमें चुम्बकत्व है ही नहीं। चित्र ३२ वाले चुम्बकमें उदासीनताका भाग बडा नहीं है परन्तु ० पर उदासीनताका भाग है।

कूलम्बने अपने प्रयोगोंकेलिए जो चुम्बक बनाये उनके वक्र ३० और चित्र ३१ के समान थे। एक चुम्बकके साथ दूसरा चुम्बक, जोड़नेसे जुट्टका वक्र दोनोंके वक्रसे भिन्न होता था। इस जुट्टके वक्रमें उदासीनताका भाग कम होता था। चुम्बकोंकी संख्या बढानेसे कम होता चला जाता था जबतक कि चित्र न० ३२ का सा (साधारण चुम्बक का सा) हो जाता था। इसके पश्चात् संख्या बढानेसे जुट्टका चुम्बकत्व बढ़ता नहीं। और चुम्बक जुट्टमें जोडना केवल लोहा खराब करना है। इससे यह भी सिद्ध होता है कि बहुत ज्यादा चुम्बकोंके जुट्ट बनानेसे कोई लाभ नहीं—एक विशेष संख्या ही लेना उचित है।

अबतक केन्द्रका प्रयोग जरूर किया परन्तु,

कोई परिभाषा नहीं दी। वास्तवमें ठीक ठीक परिभाषा धक्रोंके बनानेके पश्चात् ही दी जा सकती थी। वक्र और उस रेखाके, जो चुम्बकको सूचित करती है, बीचमें जो जगह अथवा क्षेत्र है उसका गुरुत्व केन्द्र निकालकर, इस विन्दुसे चुम्बकवाली रेखापर एक लम्ब डालना चाहिए। जहा यह लम्ब चुम्बकवाली रेखासे मिले उस विन्दुको चुम्बकत्वका केन्द्र कहना चाहिये। यदि वक्रका आकार टेढा मेढ़ा न हो परन्तु बहुत सीधा हो, जैसा साधारण चुम्बकका चित्र ३३ में दिखलाया गया है, तो केन्द्रका निकालना सुगम है। यहा वक्र और चुम्बकवाली रेखा मिलकर एक त्रिकोण बनाते हैं। त्रिकोणका गुरुत्वकेन्द्र उस रेखापर होता है जो एक कोणसे सामनेवाले भुजके मध्य विन्दुमेंसे होती हुई खींची जाये। यह रेखा चित्र ३५ में खींची गयी है। इस रेखाके ३ भाग कर लो भुजसे पहले भागका जो विन्दु ब है वही त्रिकोणका गुरुत्वकेन्द्र है। इससे बल एक लम्ब क० पर गिराया गया है। यह क० के साथ ल पर मिलता है, ल ही चुम्बकत्वका केन्द्र हुआ। चित्र ३५ में ल की दूरी ० से नाप लो और परिमाणके हिसाबसे जो दूरी निकले उसको चुम्बकके मध्य

भागसे नापकर ल का स्थान चुम्बकपर निकाल लो। चुम्बकके चुम्बकत्वका केन्द्र मालूम हो जायगा। रेखा गणितके नियमोंके अनुसार यह चुम्बककी आधी लम्बाईकी तिहाई दूरीपर चुम्बकके सिरेसे होना चाहिये।



चित्र न० ३५

क–सिरा, ० एक चुम्बकका मध्य, म–कग का मध्य विन्दु

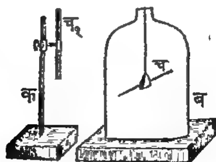
ऐसा चुम्बक जिसका चुम्बकत्व सिरेसे लेकर मध्य स्थानतक फैला हुआ न हो किन्तु एक स्थानपर ही एकत्रित हो जैसा कि चित्र ३२ वाले चकसे मालूम होता है, चुम्बकोंके आकर्षण और निराकरणके नियम मालूम करनेके काममें आता है। यह मोटाई और चौडाईकी अपेक्षा बहुत

लम्बा होता है। यदि गोल हो तो यह कहा जा सकता है कि उसकी लम्बाई सदैव मोटाईकी ४०० गुणी या इससे अधिक होगी परन्तु कम नहीं। ऐसे लम्बे चुम्बकोंको विद्युतधारासे बनाना आसान और सम्भव है। और किसी रीतिसे बनाना तो बहुत ही कठिन होगा।

दूसरी रीति—उपरोक्त रीति सरल अवश्य है किन्तु आजकल काममें नहीं आती, क्योंकि और रीतियां इससे भी अधिक सरल हैं। इन दो रीतियोंमेंसे जिनको अभी हम वर्णन करेंगे, पहिली रीति तो बहुत आसान है परन्तु दूसरीकेलिए कुछ सामग्रीकी आवश्यकता होगी और उसके समझनेमें भी कुछ कठिनाई पड़ेगी। तो भी हम पाठकोंकी सुविधाकेलिए इसका थोडासा वर्णन यहां दे देंगे, जिससे उनको इस सम्बन्धके सब प्रयोग एक ही स्थानपर मिल जाय।

जिस प्रकार कि चुम्बककी प्रबलता निकालनेकेलिए तीसरी रीतिमें चुम्बकको एक बक्समें या वे पेंदेकी बोतलमें झूलनेकेलिए लटकाया था उसी प्रकारसे एक चुम्बक किसी बक्समें लटका लो

और इसके एक झोटेका समय निकाल लो। इस बोतलके बाहर एक चगुलमें (clamp) उत्तर ओर जिस चुम्बकके चुम्बकत्वका चक निकालना हो इस प्रकार लगाओ कि ऊपर नीचे खिस काया जा सके, पर उसकी दूरी लटके हुए चुम्बक से उतनी ही बनी रहे। अब इस चुम्बकका निचला सिरा लटके हुए चुम्बकसे समतल रख कर, लटके हुए चुम्बकके एक झोटेका समय निकाल लो। उत्तरी सिरा सामने होनेसे यह समय बढ़ जायगा और दक्षिणी सिरा सामने होनेसे घट जावेगा। पहिले समयके वर्गको दूसरे समयके वर्ग-से भाग दो। उत्तरी सिरा यदि नीचे हो तो इस



चित्र ३६

क, दृढ़ा, च१ चुम्बक च–लटका हुआ चुम्बक, ब–बोतल

भजन फलको १ मेंसे घटा लो और यदि दक्षिणी सिरा नोचे हो तो इस भजन फलमेंसे १ घटा दो। इस वाकी निकालनेसे जो संख्या मिलेगी वह चुम्बकके उस भागके चुम्बकत्वकी सूचक होगी जो लटके हुए चुम्बकके सामने था। इसी प्रकार प्रत्येक भागको लटके हुए चुम्बकके सामने लाकर उस भागके चुम्बकत्वका अंदाजा निकाल लेना चाहिए और फिर ऊपर दी हुई रीतिके अनुसार चुम्बकत्वका वक्र खींच लेना चाहिए।

उदाहरण—यदि लटके हुए चुम्बकके एक झोटेका समय २ सेकंड हो और किसी चुम्बकका उत्तरी सिरा बोतलके बाहर लटके हुए चुम्बकके सामने रखनेसे उसके झोटेका समय $२\frac{१}{२}$ सेकंड हो जावे तो वह संख्या जो चुम्बकत्वकी सूचक होगी इस प्रकार निकाली जाती है।

$$१-\frac{२^२}{(२\frac{१}{२})^२} = \frac{(२\frac{१}{२})^२-२^२}{(२\frac{१}{२})^२}$$

$$=\frac{\frac{२५}{४}-४}{\frac{२५}{४}}$$

$$=\frac{\frac{९}{४}}{\frac{२५}{४}}=\frac{९}{२५}$$

यदि अब कोई दूसरा भाग चुम्बकका लटके हुए चुम्बकके सामने लाया जावे तो उससे झोटेके समयमें अवश्य ही अन्तर हो जावेगा। मान लो कि यह समय $२\frac{१}{४}$ सेकंड हो गया तो इस भागके चुम्बकत्वकी सूचक सख्या $\frac{१७}{८१}$ इस प्रकार निकालो।

$$१-\frac{२^२}{\left(२\frac{१}{४}\right)^२}=\frac{\left(\frac{९}{४}\right)^२-२^२}{\left(\frac{९}{४}\right)^२}$$

$$=\frac{\frac{८१-६४}{१६}}{\frac{८१}{१६}}$$

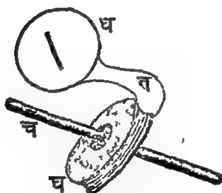
$$= \frac{\frac{१७}{१६}}{\frac{८१}{१६}}$$

$$= \frac{१७}{८१}$$

इसी प्रकार हरएक भागको उस लटके हुए चुम्बकके सामने लाकर उसके भेंटेका समय निकालकर यह संख्याएँ निकाल लो जिनसे वक्र खेंचा जा सकता है। इस बातका ध्यान रहे कि चुम्बक ऊपर नीचे खिसकाते समय, लटके हुए चुम्बकसे, उसकी दूरीमें कोई फरक न आवे।

तीसरी रीति—एक छोटी घिर्नी या रील (जैसी कि तागेमें लिप्टी हुई बाजारमें मिलती है) जिसका छेद इतना बडा हो कि चुम्बक आसानीसे जा सके लो। एक पतला रेशम या रुईसे लिपटा हुआ तांबेका तार लेकर इसपर तागेकी नाई लपेट लो। इसके दोनों सिरे दो छेदोंमेंसे बाहर निकले रहने चाहिएँ जैसे कि प्रायः छेद करके तागेका सिरा बाहर निकाले रहते हैं जिससे तागा खुलने न पावे। १०० या ५० लपेटोंसे अधिक

लपेट देनेकी आवश्यकता नहीं है। तारके दोनों सिरोंको तो विद्युद्धारामापक के (धारामापक) दोनों सिरोंसे जोड़ दो। घिर्नीको चुम्बकके बीच में रखकर दाईं (बाईं) ओर $\frac{१}{२}$ इंच खिसकाओ।

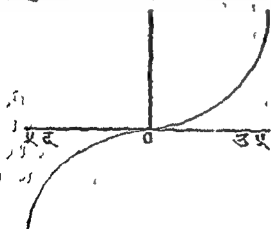


चित्र ३७—घ-घिर्नी, त-तार, च-चुम्बक, ध-धारामापक।

धारामापककी सुई अपनी स्थिर जगहसे थोड़ी सी हट जावेगी और लौटकर अपनी स्थिर जगह पर आ जावेगी। हटावको लिख लो और घिर्नीको फिर बीचमें रखकर बीचसे १ इञ्च खिसकाओ। धारामापककी सुई पहिलेसे ज्यादा हटेगी। इस हटावको भी लिख लो। इसी प्रकार घिर्नीको प्रत्येक बार बीचमें रखकर ज्यादा ज़्यादा खिसकाते जाओ और धारामापकके हटावको लिखते

-आओ। जब इसी प्रकार करते करते सिरेतक पहुंच जाओ तब फिर दूसरे भागकी भी इसी प्रकार जाच कर लो। जैसे कीलके बोझकी अधिकताको लेकर वक्र खींचा था, उसी तरह अब धारामापककी सूईके हटावको लेकर वक्र खींच लो।

उदाहरणमें एक चुम्बकत्वका वक्र देते हैं कि जो हमारे मित्रोंने एक गोल दंड चुम्बक का इस रीतिसे निकाला है। साथ ही एक सूची भी देते हैं कि जिसमें धारामापककी सूईका हटाव जो घिर्नीको चुम्बकके प्रत्येक भागपर खिसकानेसे मिला है दिया हुआ है। सरल और निर्दोष होनेके कारण बहुधा आजकल यही रीति काममें आती है।



चित्र ३८

घिर्नीका खिसकाना	धारामापककी सुईका हटाव
(१) बीचसे उत्तरी सिरेके ओर	
१ली बार १ इञ्चके लगभग	३ अंश
२री बार २ इञ्चके लगभग	१२ अंश
३री ,, ३ ,,	३० ,,
४थी ,, ४ ,,	५३ ,,
५वीं ,, ५ ,,	१०६ ,,
(२) दक्षिणी सिरेकी ओर	
१ली बार १ इञ्चके लगभग	४ ,,
२री ,, २ ,,	१४ ,,
३री ,, ३ ,,	३२ ,,
४थी ,, ४ ,,	५७ ,,
५वीं ,, ५ ,,	१११ ,,

लिया गया चुम्बक १० इंच लम्बा था

वक्र साधारण चुम्बकके वक्रसे भिन्न है परन्तु बहुत कुछ मिलता हुआ सा है। साधारण चुम्बकके वक्रमें "म०" हिस्सा एक सीधी लकीर होता परन्तु इस वक्रमें थोडासा झुकाव लिए हुए है। (देखो चित्र ३३)

इसके पश्चात् यह भी बतला देना हम उचित समझते हैं कि चुम्बकत्व स्थिर चुम्बकमें केवल

प्रष्ठपर ही रहता है क्योंकि यदि चुम्बकको शोरेके तेज़ाबमें रखकर उसका ऊपरका थोड़ासा हिस्सा गला डालें तो जो कुछ बचेगा उसमें चुम्बकत्व बिलकुल न होगा। एक और रीतिसे भी इस बातकी जाच की जा सकती है। एक लोहेकी नली ले लो उसके भीतर एक ठीक ठीक आती हुई छड रख दो। छडके अन्दर होते हुए इस नलीको किसी रीतिसे चुम्बक बना लो। छड अन्दरसे निकालकर जाचो इसमें चुम्बकत्व बिलकुल न होगा किन्तु सब चुम्बकत्व नलीमें ही मिलेगा। इसी कारण कभी कभी खोकले चुम्बक भी काममें लाये जाते हैं। नलीकी दीवारोंकी मोटाई इस प्रयोगकी सफलताकेलिए चुम्बक बनानेकी रीति और नलीके लोहेपर निर्भर है। किसी रीति और लोहेकेलिए इसे केवल $\frac{१}{४}$ इञ्च और किसी रीति और लोहेकेलिए इससे अधिक होना पडेगा।

६—आकर्षण और निराकरणके नियम

जब कीलकी मददसे चुम्बकके भिन्न भिन्न भागोंका चुम्बकत्व निकाला था, उस समय यह बतलाया था कि लटकी हुई कीलको प्रत्येक भाग-

पर तोलो। इससे अभिप्राय यह था कि कील प्रत्येक भागसे समान दूरीपर रहे। इसी प्रकार जब कम्पन-बक्समें एक चुम्बक रखकर और दूसरे चुम्बकका प्रत्येक भाग उस लटके हुए चुम्बकके सामने लाकर उसके एक झोटेके समयमें न्यूनाधिकता मालूम करके उसके हर एक भागके चुम्बकत्वका अनुमान लगाना बतलाया था, उस समय भी यह कहा था कि चुम्बक ऊपर नीचे खिसकाते समय अपने स्थानके दाएँ बाएँ न हो जावे जिसका उद्देश भी यही था कि चुम्बकका प्रत्येक भाग लटके हुए चुम्बकसे एक समान दूरीपर रहे। स्वतन्त्रता पूर्वक घूमते हुए चुम्बकके विचलनसे दो चुम्बकोंके चुम्बकत्वकी तुलना करते समय भी यही कहा गया था कि दोनों चुम्बकोंको एक ही दूरीपर रखना चाहिए। इन सब बातोंका फल यही निकला कि हमने दूरीको घटने बढने नहीं दिया। अब प्रश्न यह उठता है कि दूरीके घटने और बढ़नेसे हमको इतना डर क्यों लगता था। इसका कारण केवल इतना ही था कि दूरीके घटने और बढ़नेसे चुम्बकके आकर्षण और निराकरणकी शक्तिमें भी भेद पड जाता है। यदि एक भाग चुम्बकका १ इञ्चकी दूरीपर हो और दूसरा २ इञ्चकी दूरीपर

तो दोनों भागोंके चुम्बकत्वकी तुलना नहीं हो सकती।

सूर्य्य और चन्द्रमा आकारमें बराबर ही दिखलायी पडते है। सूर्य्य चन्द्रमासे कई हजार गुना वडा है। उनका बराबर दीख पडना केवल दूरीके ही अन्तरके कारण है। यदि उनकी दूरीपर ध्यान न देकर यह मानलें कि दोनोंका आकार समान है तो वडी भारी भूल होगी। इसी प्रकार यदि चुम्बकके प्रत्येक भागकी दूरी हमारे जाचनेवाले यन्त्रसे भिन्न भिन्न हो तो हम उसके भागोंके चुम्बकत्वका कोई अनुमान नहीं लगा सकते।

दूरीके घटने वढनेसे दो चुम्बकोंके सजातीय सिरोंमें निराकरण और उनके विषमजातीय सिरोंमें आकर्षणकी शक्ति किस प्रकार घटती वढती है—इस वातकी पहले पहल कूलम्बने जाच की थी और उन्होने अपने प्रयोगों द्वारा यह नियम सिद्ध किया था —

चुम्बकोंके सिरोंमें आकर्षण या निराकरणकी शक्ति दूरीके वर्गके साथ विपरीति सम्बन्ध रखती है।

अर्थात् दो चुम्बक लेकर और उनके दो सिरे एक नियत दूरीपर रखकर यदि उनमें आकर्षण या निराकरणकी शक्ति निकाली जावे तो दूरी

आजतक इस नियमके विरुद्ध कोई बात मालूम नहीं हुई। इससे बढकर इसकी सत्यताका प्रमाण नहीं दिया जा सकता। परतु यह विलकुल निर्दोश रीति नहीं है। क्योंकि चुम्बकका दूसरा सिरा अपना कुछ न कुछ प्रभाव लटके हुए चुम्बक पर अवश्य ही डालता है। कूलम्बका चुम्बक बहुत बडा नहीं था जिससे यह कहा जा सके कि दूसरा सिरा इतनी दूर था कि उसका असर बहुत ही कम पडता था। इस दूसरे सिरेका असर विलकुल उड़ा देनेकेलिए प्रयोग इस प्रकार करना पडेगा।

ऐसा चुम्बक लो कि जिसकी लम्बाई, उसकी मोटाईकी ४०० गुनी हो, जिससे कि चुम्बकके केन्द्र उसके सिरोंके पास हों। चुम्बकका मोटा होना आवश्यक नहीं है। एक सूत मोटा लिया जा सकता है। एक सूत मोटा चुम्बक कमसे कम २५ इंच लम्बा होना चाहिए। तीन, और तीनसे भी अधिक फुट लम्बे चुम्बकोंसे प्रयोग किया गया है, पर हमारी समझमें एक सूत मोटा और २ फुट लम्बा चुम्बक, जैसा हमने अपने प्रयोगमें लिया था, काफी होगा। इस चुम्बकको चुम्बकत्व मापकपर डट्टेके सहारे इस

इसकी जांच भी पहले पहल कुलम्बने ही की और यह सिद्ध किया कि दो चुम्बकोंके सजातीय सिरों में निराकरण और विषमजातीय सिरोंमें आकर्षण की शक्ति उनके सिरोंके चुम्बकत्वकी प्रबलताओंके गुणनफलपर निर्भर है। इसका अर्थ यह है कि यदि प्रत्येक चुम्बककी प्रबलता पहलेसे दुगुनी हो तो उनमें शक्ति चौगुनी हो जावेगी।

इन दोनों नियमोंको मिलाकर शक्ति मालूम करनेका सूत्र इस प्रकार लिख सकते हैं—

$$\text{श (निराकरण अथवा आकर्षणकी शक्ति)} = \frac{\text{प प}_1}{\text{द}^2}$$

यहां एक चुम्बकके सिरेकी प्रबलता प और दूसरे चुम्बकके सिरेकी प्रबलता प_1 मान ली है और उन दोनोंके बीचमें द के बराबर दूरी है। इसी सूत्रसे प्रबलताके नापनेकी इकाई भी निकाली गयी है। यदि दो समान प्रबलताके सिरे लिये जावें अर्थात् $\text{प} = \text{प}_1$ और इकाई दूरीपर (अर्थात् द = १) रक्खे जानेपर एक दूसरेको इकाई शक्ति (अर्थात् श = १) से हटावें या खींचें तो उनकी प्रबलता एक है।

जिस पद्धतिमें लम्बाई नापनेकी इकाई एक शतांशमीटर (सेंटीमीटर) है उसमें शक्तिकी इकाई १ डाइन है। इस पद्धतिके अनुसार प्रवलताकी इकाईकी परिभाषा यह होगी—

उस चुम्बकके सिरे की प्रबलता १ है जो अपने जैसे, १ शतांशमीटरपर रखे हुए सिरेको १ डाइनकी शक्तिसे हटाव।

जब उत्तरी सिरेकी प्रवलता बतलानी होगी तो प्रवलता सूचित करनेवाली संख्याके पहले या तो + का चिन्ह लिख देंगे या कोई भी चिन्ह नहीं लगा वेंगे। दक्षिणी सिरेकी प्रवलता सूचित करनेवाली संख्याके पहले – का चिन्ह अवश्य ही लगाया जावेगा। हटाव अथवा निराकरणकी शक्तिको + से सूचित करेंगे या कोई चिन्ह भी नहीं लगायेंगे और खिंचाव अथवा आकर्षणकी शक्तिको – से सूचित किया करेंगे।

यदि ऊपरवाले दो सिरोंमेंसे एककी प्रवलता इकाईके बराबर हो तो दोनोंमें निराकरणकी शक्ति $\frac{प}{द^2}$ के बराबर होगी।

इस संख्याको ‘द’ दूरीपर ‘प’’ प्रवलतावाले चुम्बककी शक्तिका प्रभाव (intensity) कहेंगे। बडा महत्त्व इस संख्याका यह है कि चुम्बककी

प्रवलता और उसकी दूरी मालूम न होनेपर भी यह सख्या अर्थात् उस चुबककी शक्तिका प्रभाव एक नियत स्थानपर मालूम किया जा सकता है। जैसे पार्थिव चुम्यकके सिरेकी प्रवलता और उस सिरेकी दूरी आपके स्थानसे आपको मालूम न हो किन्तु पार्थिव चुम्यककी शक्तिका प्रभाव आप अपने स्थानपर मालूम कर सकते है। इस सख्याका महत्व आगे और भी स्पष्ट होता चलेगा। इसके नापनेकी इकाई गौस (gauss) कहलाती है।

जिस स्थानपर इकाई प्रवलतावाला सिरा १ डाइनकी शक्तिसे खिंचे या हटे उस स्थानपर चुम्बकीय शक्तिका प्रभाव (intensity) एक गौसके बराबर है।

७—शक्ति

सम्भव है कि पाठक शक्ति नापनेकी इकाई अर्थात् डाइनसे अपरिचित हों इसलिए इसका और इसके सम्बन्धी और चीजोंका जिनसे काम पडेगा सक्षिप्त वर्णन यहा दिये देते हैं। सब चीजोंके नापनेकेलिए दो पद्धतिया प्रचलित हैं। एकमें लम्बाई नापनेकी इकाई फुट, मात्रा नापनेकी इकाई पौंड और काल नापनेकी इकाई

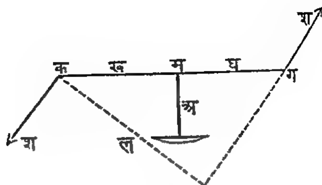
सेकंड है, इसको संक्षेप में फ प स पद्धति कहेंगे। दूसरीमें लम्बाई नापनेकी इकाई एक शतांश मीटर (सेंटीमीटर), मात्रा नापनेकी इकाई ग्राम और काल नापनेकी इकाई सेकंड है। इसको संक्षेपमें श ग.स पद्धति कहेंगे। वैज्ञानिक संसारमें यह ही पद्धति अधिक प्रचलित है क्योंकि इसमें बडी बडी चीजोंके नापनेकी बडी बडी इकाइयां छोटी इकाइयोंकी १०, १००, १००० गुनी और छोटी छोटी चीजोंको नापनेके लिए छोटी इकाइयां दसवां, सौवां, हजारवां, इत्यादि इकाईके भाग होती है। छोटी रेलकी पटरियोंके बीचकी दूरी एक मीटर होती है, इसीके सौवें भागको शतांश मीटर कहते है। फ्रांस की राजधानी पेरिसमें (Paris) परिमाणों के दफतरमें (Bureau of standards) रखे हुए एक छडके ऊपरके दो चिन्होंके बीचकी दूरीको ०°श पर मीटर कहते हे। ग्राम उस बांटका हजारवां हिस्सा है जो उसी दफतरमे रखा है और किलोग्राम (kilogram) कहलाता है। यह रेलवालोंका किलो है और अपने सेरके लगभग है। जब आप किसी वस्तुको अपनी ओर खींचना चाहते हैं, तो आपको कुछ शक्ति लगानी पडती है।

पृथ्वी प्रत्येक वस्तुको अपनी ओर खींचती है और इसी कारण चीजें हाथसे छोड़नेपर पृथ्वीपर गिरती हैं। पृथ्वी भी वस्तुओंको किसी शक्तिसे खींचती है। इसी शक्तिसे शक्तिकी इकाई निकाली गई है। मान लो कि आपने हाथमें १ ग्रामका बांट थाम रखा है, उसे हाथमें थामे रखनेकेलिए शक्ति लगानी पड़ती है। जितनी शक्ति आप लगाते हैं, वही १ ग्राम भार या ग्रामका बोझ कहलाता



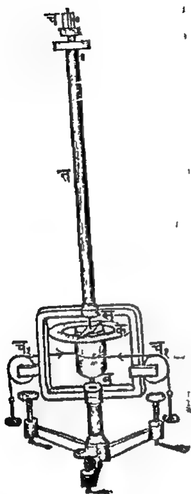
चित्र नं० ४२—किलोग्राम

है। पृथ्वी भी इतनी ही शक्तिसे इस ग्राम-बाटको अपनी ओर खींचती है। पृथ्वीतलके प्रत्येक स्थान-पर यह बोझ एकसा नहीं है। इसका हाल पाठक



चित्र न० ४३

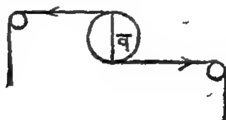
चित्रवाले युगलका घूर्ण शल हुआ। ल को युगलका भुजदण्ड कहते हैं। जिन दो युगलोंका घूर्ण बराबर है उनका असर भी बराबर ही होता है चाहे उनकी शक्तियां बराबर हों या न हों। चित्रमें ख और घ स्थानोंपर जो क और ग की अपेक्षा म से आधी दूरी पर हैं २श और -२श के बराबर शक्तियां श, श, शक्तियोंकी दिशामें लगानेसे वही असर होगा जो श के बराबर शक्तियां क और ग पर लगानेसे हुआ है। इसकी जांच एक बहुत साधारण यंत्रसे, जिसका चित्र नीचे दिया जाता है हो सकती है। एक तार लो जिसका एक सिरा एक चुटकीमें (clamp) इस प्रकार दबा हो कि घूम न सके, और जिसका दूसरा सिरा एक वेलनके सिरेके बीचमें फसा दो। वेलनपर एक छोटी कील



चित्र न० ४५

च—चुटकी। स—सूचक। क—डिगरियोंवाला काग़ज़।
$च_1$ चक्रिया। ब—बेलन।

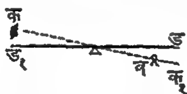
लगी होनी चाहिए जिससे एक डोरा इस प्रकार लपेटा जा सके कि बेलनके चक्कर खानेसे दोनों ओर डोरा खुले। तारमें एक सूचक (pointer) भी लगा रहना चाहिए। इस सूचकके नीचे एक ऐसा घेरा लगा लो जिसमें कोण बने हों। डोरेके सिरोंको दो चकरियोंपरसे होते हुए नीचे लटकने दो। स्थिर दशामें सूचकका स्थान देख लो। डोरेके दो सिरोंमें दो समान बांट (एक एक या दो दो तोलोंके बराबर) लटका दो। बेलन थोड़ासा घूम जावेगा, सूचकका यहनया स्थान देख लेनेसे घुमाव मालूम हो जावेगा। यहां शक्तियोंकी रेखाएं बेलनको स्पर्श करती हैं, इसलिए युगलका भुजदण्ड



चित्र न० ४५

बेलनके व्यासके बराबर हुआ। युगलका घूर्ण हुआ बव के बराबर, यदि ब बोझ और व बेलनका व्यास हो। आधे व्यासका बेलन लगाकर पहलेके

बराबर घुमाव पैदा करनेकेलिए दुगना बोझ लगाना पडेगा। इस प्रयोगमें यह भी देखनेमें आया कि बेलन बराबर घूमता नहीं रहता, किंतु तारमें ऐंठन पडनेसे ठहर जाता है अर्थात् तारकी ऐंठन इस युगलकी तुलना कर लेती है। कभी कभी युगलकी दो शक्तियोंमेंसे एक गुप्त होती है, जैसे यदि एक डाडी डड$_१$, अ स्थानपर एक अक्ष-के ऊपर तुली हो तो एक तरफ़ एक छोटासा बोझ र रखनेसे घूम जावेगी और कक$_१$ स्थानपर आ ठहरेगी–यहा एक ही शक्तिसे डाडी घूम गई। वास्तवमें अक्षपर दूसरी शक्ति विरुद्ध दशामें अपने आप पैदा हो जाती है और यह दोनो मिलकर एक युगल बना लेती है। इस युगलका घूर्ण रद के बराबर है यदि "र" बोझ अक्षसे द दूरीपर



चित्र नं० ४६

रक्खा हो। ऐसी अवस्थामें इस गुणकको

युगलका घूर्ण न कहकर शक्तिका घूर्ण कहते हैं। एक दूसरा बोझ $व_{१}$ अक्षके दूसरी ओर रखकर डांडीको सीधा रख सकते हैं। वह बोझ ऐसी दूरी $द_{१}$ पर अक्षसे होना चाहिए कि इसका घूर्ण $व_{१}द_{१}$ पहले बोझके घूर्णके बराबर हो अर्थात् $व_{१}द_{१} = व द$

युगलोंकी तुलनासे तो काम बहुत पडेगा पर थोडा सा काम शक्तियोंकी तुलनासे भी पडेगा। इसलिए उनके सबन्धी बातें भी यहां बतला देना उचित समझते हैं।

यदि दो शक्तियां एक ही बिन्दु पर लगाई जावें तो उनका असर उतना ही होगा जितना कि उस तीसरी शक्तिका हो सकता है जो उस समानान्तर चतुर्भुज के कर्णकी (diagonal) दिशामें और प्रमाणानुसार उसके बराबर है जो दो शक्तियोंको सूचित करने वाली रेखाओंको दो भुज मानकर खेंचा गया है।

इस नियमकी जांचकेलिए यह प्रयोग करना चाहिए। एक डोरा लेकर उसके बीचमें एक गांठ लगा लो और एक सिरेपर ३ तोलेके बराबर और दूसरे सिरे पर ४ तोलेके बराबरबोझ बांध दो। एक तख्तेमें दो चक्रियां च, च, लगाकर बोझोंको इस प्रकार लटकाओ कि एक बोझ एक चक्रीके एक

मालूम हो जाती है और स्पर्श रेखासे कोण मालूम हो सकता है। कोण मालूम होनेसे दिशाका पता चल जाता है।

८–त्रिकोणमितिकी निषपत्तियां

थोडेसे त्रिकोणमितिके नियमोंकी भी विज्ञानके पाठकोंको आवश्यकता पडेगी उनको हम यहां संक्षेपमें दिये देते हैं जिससे पाठकोंको सुविधा हो जाय।

क ख ग एक त्रिभुज लो जिसका क ख ग कोण समकोण हो। क ग, क ख और ख ग त्रिभुजके कर्ण, आधार और लम्ब कहलाते हैं। (चित्र ४८)

$\frac{\text{गख}}{\text{कग}}$ क कोणका ज्या (sine) कहलाता है।

$\frac{\text{कख}}{\text{कग}}$ क कोणका कोज्या (cosine) "

$\frac{\text{गख}}{\text{कख}}$ क कोणका स्पर्श रेखा (tangent)"

$\frac{\text{कख}}{\text{गख}}$ क कोणका कोटि स्पर्श रेखा (cotangent) कहलाता है।

$\frac{\text{कग}}{\text{कख}}$ क कोणका छेदन रेखा (secant) "

असरमें उन देानों शक्तियोंके बराबर है और विरुद्ध दिशामें हेानेसे गांठको चलने नहीं देती है, अर्थात् दोनों शक्तियोंका असर कर्णके बराबर वाली शक्तिके असरके बराबर और इस कर्णकी दिशा में है। इस शक्तिको - दोनो शक्तियोका लब्ध कहते हैं।

जब दे। शक्तियां एक दूसरेसे सम कोण बनाती हों तो लब्ध और लब्धकी दिशा निकालना आसान है। यदि इसी चित्रमें घ ग क कोण समकोण होता

तो $ग ख = \sqrt{गघ^2 + गक^2}$ (रेखा गणितके नियमानुसार)
$गघ = ३$ और $गक = ४$ इसलिए

$$गख = \sqrt{९ + १६}$$
$$= ५$$

गख (लब्ध) और ग क (एक शक्ति) के बीचमें जो कोण ख ग क है उसकी स्पर्श रेखा

$$= \frac{खक}{गक} = \frac{गघ}{गक}$$

$$(\text{और इस उदाहरणमें}) = \frac{३}{४}$$

$$= \frac{\text{दूसरी शक्ति}}{\text{एक शक्ति}}$$

अर्थात् शक्तियोंके भाग फलसे स्पर्शरेखा

मालूम हो जाती है और स्पर्श रेखासे कोण मालूम हो सकता है। कोण मालूम होनेसे दिशाका पता चल जाता है।

८–त्रिकोणमितिकी निपपत्तियां

थोडेसे त्रिकोणमितिके नियमोंकी भी विज्ञानके पाठकोंको आवश्यकता पडेगी उनको हम यहां सक्षेपमें दिये देते हैं जिससे पाठकोंको सुविधा हो जाय।

क ख ग एक त्रिभुज लो जिसका क ख ग कोण समकोण हो। क ग, क ख और ख ग त्रिभुजके कर्ण, आधार और लम्ब कहलाते हैं। (चित्र ४८)

$\frac{\text{गख}}{\text{कग}}$ क कोणका ज्या (sine) कहलाता है।

$\frac{\text{कख}}{\text{कग}}$ क कोणका कोज्या (cosine) ”

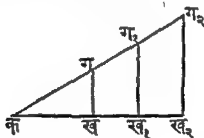
$\frac{\text{गख}}{\text{कख}}$ क कोणका स्पर्श रेखा (tangent)”

$\frac{\text{कख}}{\text{गख}}$ क कोणका कोटि स्पर्श रेखा (cotangent) कहलाता है।

$\frac{\text{कग}}{\text{कख}}$ क कोणका छेदन रेखा (secant) ”

$\frac{कग}{गख}$ क कोणका कोटिच्छेदन रेखा (cosecant) कहलाता है।

इन निपपत्तियोका महत्व यह है कि त्रिकोण चाहे कितना बडा कख₂ ग₂ अथवा कख₁ ग₁ छोटा क्यों न हो यह निपपत्तिया सदैव एक ही होंगी, जबतक कोण क न बदले इसलिए प्रत्येक कोणकेलिए यह निकालकर एक पुस्तकमें जिसे गणित सारिणी कहते हैं छाप दी गयी हैं। इन की सहायतासे किसी समकोण वाले त्रिकोण



चित्र नं० ४८

का एक भुज और कोण मालूम होनेसे तीनों भुज मालूम हो सकते हैं। उदाहरणकेलिए मान लो कि एक बुर्ज या पहाडीकी उचाई मालूम करना है, च बुर्ज है जिसकी च चोटी और द दामन है।

दामनसे एक नियत दूरीके स्थान स पर खडे होकर च स द कोण नाप लो।

खेंचना सुलभ है। ध्रुव* अपनी जगह बिलकुल स्थिर रहता है परन्तु सूर्य्य २२ मार्चसे २३ सितम्बरतक सायनके उत्तरमें श्रोर २३ सितम्बरसे २२ मार्चतक सायनके दक्षिणमें रहता है। २२ मार्च श्रोर २३ सितम्बरको भी जब सूर्य्य सायलमें होता है केवल भूमध्य रेखावाले स्थानोंपर पूर्व पश्चिम रेखा खेंची जा सकती है। पर उन स्थानोंपर जो भूमध्य रेखापर नहीं हैं बिना इस बातके जाने कि वह कितने उसके उत्तर या दक्षिणमें हैं यह रेखा नहीं खेंची जा सकती। उत्तर दक्षिण दिशावाली रेखा कोई भी मनुष्य इस प्रकार अपने स्थानपर खेंच सकता है। एक बारीक छेदवाली नली या दूरबीन न को एक डट्टेमें इस प्रकार लगाश्रो कि वह ऊर्ध्वतलमें घुमायी जा सके। इसमेंसे ध्रुव तारेकी श्रोर देखो, इसको इसी ही दिशामें रक्खे हुए इसके बिलकुल नीचे एक रेखा ब द खेंच लो यह उत्तर दक्षिण दिशा वाली रेखा हुई। यह अक्षके



चित्र नं० ५० का (

६—चुम्बकीय हटाव तथा दिक् सूचक।

पाठकोंको याद होगा कि चुम्बक का चुम्बकत्व दूरकरनेकेलिए यह बतलाया गयाथा कि उसको गरम करके चुम्बकीय पूर्व पश्चिम दिशामें रखकर ठंडा कर लो। उस समय उनके चित्तमें यह प्रश्न अवश्य ही उठा होगा कि यह चुम्बकीय पूर्व पश्चिम दिशा कहांसे आयी। इस परिच्छेदमें उसका उत्तर देना चाहते हैं।

पूर्व पश्चिम उत्तर दक्षिण चार दिशाओंमेंसे दो-पूर्व और उत्तर-दिशाओंमें एक एक चीज ऐसी है जिसके देखनेसे दिशाका पता चल जाता है—पूर्वमें सूर्य्य और उत्तरमें ध्रुव। दोनेा दिशाओंका पता चलानेकी तेा आवश्यकता नहीं है केवल एकके पता चलनेसे चारोंका पता चल जाता है, इसीलिए सूर्य्यको दिनमें और ध्रुवको रात्रिमें लेाग काममें लाते हैं। यदि एक स्थानपर दो रेखाएं एक उत्तर दक्षिण और दूसरी पूर्व पश्चिम दिशामें खेंची जावें तेा वह एक दूसरेसे समकोण बनायेंगी, इसीलिए यदि दो रेखाओंमें से एक खेंच ली जावे तेा दूसरी भी खेंची जा सकती है। इनमेंसे उत्तर दक्षिण दिशाकी रेखाका

खींचना सुलभ है। ध्रुव* अपनी जगह बिलकुल स्थिर रहता है परन्तु सूर्य्य २२ मार्चसे २३ सितम्बरतक सायनके उत्तरमें और २३ सितम्बरसे २२ मार्चतक सायनके दक्षिणमें रहता है। २२ मार्च और २३ सितम्बरको भी जब सूर्य्य सायनमें होता है केवल भूमध्य रेखावाले स्थानोंपर पूर्व पश्चिम रेखा खींची जा सकती है। पर उन स्थानोंपर जो भूमध्य रेखापर नहीं हैं बिना इस बातके जाने कि वह कितने उसके उत्तर या दक्षिणमें हैं यह रेखा नहीं खींची जा सकती। उत्तर दक्षिण दिशावाली रेखा कोई भी मनुष्य इस प्रकार अपने स्थानपर खींच सकता है। एक बारीक छेदवाली नली या दूरबीन न को एक डट्टेमें इस प्रकार लगाओ कि वह ऊर्ध्वतलमें घुमायी जा सके। इसमेंसे ध्रुव तारेको ओर देखो, इसको इसी ही दिशामें रक्खे हुए इसके बिलकुल नीचे एक रेखा उ द खेंच लो यह उत्तर दक्षिण दिशा वाली रेखा हुई। यह पृथ्वीके अक्षके समानान्तर होगी और उस ऊर्ध्वतलका (याम्योत्तर) पृथ्वीपर चिह्न है

न

द उ

चित्र नं० ५०

---

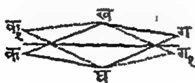
* वास्तवमें ध्रुवके पास एक ऐसा तारा है जो बिलकुल अचल है, ध्रुव तो कुछ चलता है।

जो उस स्थान और पृथ्वीके दोनों ध्रुवोंमेंसे गुजरता है। इस रेखासे समकोण बनाती हुई जो रेखा खेंची जावेगी वह पूर्व पश्चिम दिशामें होगी।

चुम्बकके दोनो केन्द्रोंको जोड़ती हुई रेखाको चुम्बकीय अक्ष कहते हैं। स्वतन्त्रतापूर्वक घूमने वाले चुम्बकका चुम्बकीय अक्ष सदैव एक ही दिशामें रहता है। उस उर्ध्वतलको जिसमे यह रेखा है चुम्बकीय याम्योत्तर कहते हैं। इस रेखाकी दिशाको चुम्बकीय उत्तर दक्षिण दिशा कहते हैं। इस रेखासे समकोण बनाती हुई जो रेखा खेंची जावे उसे चुम्बकीय पूर्व पश्चिम दिशाकी रेखा कहना चाहिये। चुम्बकीय उत्तर दक्षिण दिशावाली रेखा और उत्तर दक्षिण दिशावाली रेखा कोई कोई स्थानोपर मिलती है और बाकी स्थानोंपर भिन्न होती है। इन दोनों रेखाओंके बीचके कोणको चुम्बकीय हटावका कोण कहते हैं। कहीं यह हटाव पूर्वकी ओर होता है और कहीं पश्चिमकी ओर। प्रयागमें यह पूर्वकी ओर है और हटावका कोण १° २५' है। इस हटावके मालूम होनेसे चुम्बकसे दिशाका पता हर समय और हर ऋतुमें बड़ी आसानीसे लग सकता है। चुम्बकसे चुम्बकीय उत्तर दक्षिण दिशाका पता

चला और हटाव मालूम होनेसे उत्तर दक्षिण दिशाका पता चल गया। यह हटाव स्थिर नहीं है किन्तु प्रतिदिन प्रतिवर्ष बदलता रहता है। कुछ कालतक एक स्थानपर पूर्वीय रहता है फिर पश्चिमीय हो जाता है। ऐसा समझा जाता है कि यह हटाव ६६० वर्षमें एक ओर पूर्व या पश्चिम महत्तम दिशासे चलकर दूसरी ओर (पश्चिम या पूर्व) भी उतना ही होकर फिर पहली ओर उतना ही हो जाता है। इसकी जाचका अभी अवसर नहीं मिला है क्योंकि इस सम्बधमें वैज्ञानिकोंको काम करते हुए केवल ३०० वर्ष हुए हैं।

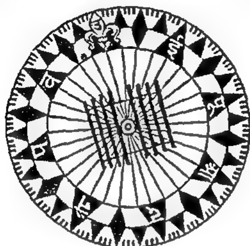
चुम्बकमें चुम्बकीय अक्ष बडे भारी महत्वकी चीज है। यह चुम्बकके अक्षसे बहुत चुम्बकोंमें भिन्न ही मिलेगा और प्रयोगोंद्वारा निकालना पडेगा इसीलिए वह प्रयोग जिससे यह मालूम हो सकता है नीचे दिया जाता है।



चित्र न० ४१

एक चुम्बकको डोरेसे लटकाओ और उसीके आकारका एक चित्र पेंसलसे बिलकुल नीचे एक कागजके टुकडेपर बना लो (चित्रमें क ख ग घ बनाया गया है)। फदेमें चुम्बकको इस प्रकार लौट दो कि ऊपरका पृष्ट नीचे और नीचेका पृष्ट उपर हो जावे और फिर एक दूसरा चित्र बनालो (चित्रमें क१ ख ग१ घ बनाया गया है)। पहले चुम्बकका अक्ष क ग दिशामें था और अब क१ ग१ में है। इन दोनों दिशाओंके बीचके कोणको दो बराबर भागोंमें विभक्त करनेवाली रेखा चुम्बकीय अक्षकी दिशामें होगी। चुम्बकको सीधा (उलटा) रखकर यह कागजका टुकडा उसपर इस प्रकार चिपकाया जावे कि चुम्बक पहले चित्र के बिलकुल नीचे हो और चुम्बक फिर कीलीपर रख दिया जावे इससे हर जगह दिशाका पता चल जाया करेगा क्योंकि यह रेखा सदा चुम्बकीय उत्तर दक्षिण दिशामें रहा करेगी। इसी कागजपर चुम्बकके बीचमेंसे होती हुई और इस रेखा से समकोण बनाती हुई जो रेखा खेंची जावे वह पूर्व पश्चिम दिशामें होगी। ऐसा कागज़ लगा हुआ चुम्बक, जिसमें दिशाओंके चिन्ह बने हों दिक् सूचकका काम करता और दिक्सूचक कहला

ता है। ऐसे दिकसूचक प्राय: जहाजोंमें यात्रा करनेमें बडी मदद देते हैं। जहाजी दिक्सूचक ऐसे सरल नहीं होते। इनका वर्णन नीचे

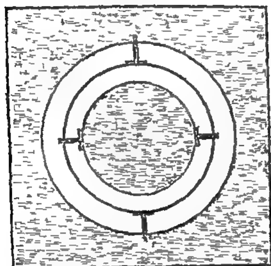


चित्र न० ४२

दिया जाता है। बीचमें एक टोपी है जिसका चद्वा किसी कीमती पत्थरका है और बाड पीतलकी, इसके एक अल्यूमीनियमका छल्ला लगा है जिसके किनारेपर ३२ छोटे छोटे छेद बने हैं। एक अल्यूमीनियमकी १० इंच व्यासकी चपटी चूडी जिसके अन्दरके हिस्सेमें भी ३२ छेद बने हैं रेशमके मजबूत डोरोंसे टोपीके साथ बंधी रहती है। ६ या ८ छोटे छोटे चुम्बक दो रेशमके डोरोंसे सीढीके डंडोंकी

तरह बांधे जाते हैं। दोनों डोरोंके चार सिरे चार डोरोंसे इस प्रकार बांध दिये जाते हैं कि आधे चुम्बक केन्द्रके (टोपी) एक ओर और आधे दूसरी ओर रहें। चूडीके बराबर कागजका घेरा काटकर चूडीपर चिपका दिया जाता है और इस कागजपर दिशाओंके चिन्ह बना दिये जाते हैं। १० इचसे थोडे ही बडे व्यासका एक पीतलका प्याला लेकर उसके पेंदेमें कीली लगाकर उसपर यह चुम्बकोंका झुण्ड क्षितिज धरातलमें स्वतन्त्रतापूर्वक झूलनेकेलिए रख दिया जाता है। ऊपर नीचेकी दिशावाले अक्षपर रखा हुआ चुम्बक जहाज जैसे चलने हिलने और घूम जानेवाली चीजके अन्दर स्थिर नहीं रह सकता इसीलिए इसके प्यालेको दो चूडियोंके अन्दर इस तरह रखते हैं कि यह प्याला उत्तर दक्षिण और पूर्व पश्चिम दिशावाले दो अक्षोंपर घूम सके। इसका असर यह होता है कि प्याला ही घूमकर रह जाता है चुम्बक बहुत कम घूमता है। अंगरेजीमें इन दोनो चूडियोंको जिम्बल (gimbals) कहते हैं। यह जिम्बलोंपर रखा हुआ दिक्सूचकका बक्स उचित रीतिसे जहाजमें लटका दिया जाता है। यह केलविनका (Kelvin) जहाजी दिक्सूचक कह-

लाता है। इन्होंने इसे दस वर्षकी महनतसे बनाया। दिक्सूचकके चुम्बकका पहला गुण तो यह होना चाहिये कि उसका चुम्बकीय अक्ष



चित्र न० ४२

सदैव एकही दिशामें रहे। इसकी दिशा बदल जानेसे कार्डके दिशाके चिह्न झूटे हो जाते हैं और दिशाका पताभी चलना असम्भव हो जाता है। इसलिए चुम्बक कई शक्लोंके बनाये गये उनमेंसे एकभी सतोषजनक नहीं निकला। दूसरे, कीली और टोपीके बदवेमें कुछ न कुछ रगड़ अवश्य ही रहती है जिसके कारण एक बार हट

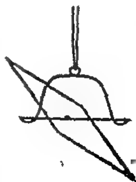
जानेपर चुम्बक फिर लौटकर अपने पहले स्थानपर नहीं आता था। इससे भी दिशाके जाननेमें भंग पड जाता था। केलविनके जहाजी दिक्सूचकके सब हिस्से इतने अच्छे बने हैं कि चुम्बक हिलनेके बाद १/४° से अधिक कभी नहीं हटता है। केन्द्रकी प्रबलता और दोनो केन्द्रोंकी दूरीका गुणक चुम्बकका चुम्बकीय घूर्ण कहलाता है। जितना यह बडा होता है उतना ही रगडका हटाव भी कम होता है। साधारण दिक्सूचकके चुम्बक दीर्घाकार मिलते हैं क्योंकि इनका चुम्बकीय घूर्ण बराबर बोझवाले गोल या चैाकोर चुम्बकोंके चुम्बकीय घूर्णसे २५ प्रतिशत अधिक होता है। तीसरे जहाजके चक्कर खानेके समय चुम्बक बहुत झूलना नहीं चाहिये। जहाज़के चक्कर खानेकेलिए १८ सेकड लगते हैं चुम्बकके झोटेका समय इससे जितना कम या इसके बराबर होता है उतना ही चुम्बक ज़्यादा हिलता है। इसलिए झोटेके समयका बड़ा होना भी आवश्यक है। केलविनके दिकसूचकके चुम्बकके झोटेका समय ४२ सेकडतक होता है इसलिए जहाजके चक्कर खानेके समय यह बहुत कम हिलता है।

पृथ्वीके मुख्य मुख्य स्थानोंका चुम्बकीय

हटाव निकाल लिया गया है और ऐसे नकशे बनाये गये हैं जिनमें समान हटाववाले स्थानों-को मिलाती हुई रेखाएं खींच दी गयी हैं। इनसे जहाज चलानेवालोंको बड़ी मदद मिलती है। इनकी सहायतासे उनको प्रत्येक स्थानपर दिशा-का पता चल जाता है। बहुतसे स्थान ऐसे हैं जहां हटाव बिलकुल नहीं है। अर्थात् चुम्बकीय अक्ष उत्तर दक्षिण दिशामें रहता है ऐसे स्थानों-मेंसे जो रेखा खींची जाती है उसे बिना हटावकी रेखा कहते हैं।

१०—चुम्बकीय झुकाव और झुकाव सूचक

दिक्सूचकका चुम्बक ऊर्ध्व अक्षपर क्षितिज धरातलमें रहता है। परन्तु चुम्बकमें टोपी न लगाकर एक गोल तारका टुकड़ा ढोक लें और इसको एक आधार पर इस प्रकार रक्खें कि यह तार क्षितिज अक्षका कामदे और चुम्बक ऊर्ध्वतलमें स्वतन्त्रतापूर्वक घूम सके (जैसा चित्रमें दिखलाया गया है) तो आप देखेंगे कि यह चुम्बक



चित्र नं० ५४

सीधा कभी नहीं रहता किन्तु थोडासा झुका हुआ ठहरता है। इसका कारण अक्षका बीचों बीच न लगाना नहीं है, चुम्बक बनानेके पहले अक्ष लगाकर अच्छी तरहसे देख लो कि यह सीधा रहता है। चुम्बक बनाओ और आधारपर रक्खो अब सीधा नहीं रहता। चुम्बकके बीचमेंसे जो क्षितिज रेखा खींची जावे उसके और चुम्बकके चुम्बकीय अक्षके बीचमें जो कोण होता हैउसे चुम्बकीय झुकावका कोण कहते हैं। प्रयागमें झुकाव ४६° है। जैसे हटावका कोण प्रत्येक स्थानपर एक नहीं होता है उसी प्रकार यह झुकावका कोण भी हर एक स्थानपर एक ही नहीं होता है। कुछ स्थान पृथ्वीपर ऐसे हैं जहां झुकाव बिलकुल नहीं होता है उन स्थानोंको जोडती हुई जो रेखा नकशेपर खींची जाती है उसे चुम्बकीय भूमध्यरेखा कहते हैं। समान झुकाव-वाले स्थानोंको जोडती हुई जो रेखाएं खींची जाती हैं उनको चुम्बकीय शरसमानान्तर रेखा कहते हैं। चुम्बकीय भूमध्यरेखा और शरसमानान्तर रेखाए भूमध्य और शरससमानान्तर रेखाओंकी तरह सीधी नहीं होती हैं किन्तु टेढी मेढी होती हैं।

चुम्बकीय भूमध्यरेखाके उत्तरमें उत्तरी सिरा

नीचे और दक्षिणी सिरा ऊपर रहता है पर इस रेखाके दक्षिणमें उत्तरी सिरा ऊपर और दक्षिणी सिरा नीचे हो जाता है। जिस स्थानपर यह झुकाव सूचक चुम्बक बिलकुल सीधा खड़ा हो जाता है और उत्तरी सिरा नीचे होता है उस स्थानको पृथ्वीका उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव कहते हैं और जहा दक्षिणी सिरा नीचे होता है उसको पृथ्वीका दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव कहते हैं। उत्तरी ध्रुवपर सर जेम्स रोस (Sir James Ross) स० १८८७ में पहुचे। इस ध्रुवके देशान्तर ६६°४३'पू और शर ७२°३१' उ है। दक्षिणी ध्रुवपर सर अरनेस्ट शेकल्टन (Sir Ernest Shackleton) स० १९६५ विक्रमीको पहुचे। इस ध्रुवके देशान्तर १५५° १६'पू और शर ७२° २५'द है। इससे स्पष्ट है कि दोनों ध्रुव पृथ्वीके व्यासके सिरेपर नहीं हैं। उत्तरी ध्रुवका शर ७३°३१' उ की बजाए ७३° उ मान लें और इसी प्रकार दक्षिणी ध्रुवका शर ७२°२५' द को बजाय ७३°द मान लें तो ७३°उ और ७३°द को जोडती हुई जो रेखा खेंची जावे उसे चुम्बकीय अक्ष कहेंगे और पृथ्वीकी चुम्बकीय अक्ष और अक्षमें १७° का कोण होगा।

झुकावमापक चित्र ५५ में दिया जाता है—

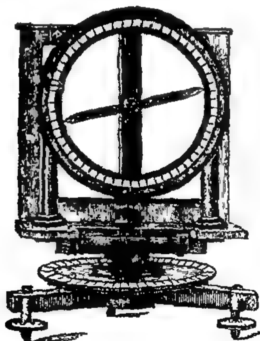
सीधा कभी नहीं रहता किन्तु थोडासा झुका हुआ ठहरता है। इसका कारण अक्षका बीचों बीच न लगाना नहीं है, चुम्बक बनानेके पहले अक्ष लगाकर अच्छी तरहसे देख लो कि यह सीधा रहता है। चुम्बक बनाओ और आधारपर रक्खो अब सीधा नहीं रहता। चुम्बकके बीचमेंसे जो क्षितिज रेखा खींची जावे उसके और चुम्बकके चुम्बकीय अक्षके बीचमें जो कोण होता है उसे चुम्बकीय झुकावका कोण कहते है। प्रयागमें झुकाव ४६° है। जैसे हटावका कोण प्रत्येक स्थानपर एक नहीं होता है उसी प्रकार यह झुकावका कोण भी हर एक स्थानपर एक ही नहीं होता है। कुछ स्थान पृथ्वीपर ऐसे हैं जहां झुकाव बिलकुल नहीं होता है उन स्थानोंको जोडती हुई जो रेखा नकशेपर खींची जाती है उसे चुम्बकीय भूमध्यरेखा कहते हैं। समान झुकाव-वाले स्थानोंको जोडती हुई जो रेखाएं खींची जाती हैं उनको चुम्बकीय शरसमानान्तर रेखा कहते हैं। चुम्बकीय भूमध्यरेखा और शरसमानान्तर रेखाए भूमध्य और शरलसमानान्तर रेखाओंकी तरह सीधी नहीं होती हैं किन्तु टेढी मेढी होती हैं।

चुम्बकीय भूमध्यरेखाके उत्तरमें उत्तरी सिरा

नीचे और दक्षिणी सिरा ऊपर रहता है पर इस रेखाके दक्षिणमें उत्तरी सिरा ऊपर और दक्षिणी सिरा नीचे हो जाता है। जिस स्थानपर यह झुकाव सूचक चुम्बक बिलकुल सीधा खड़ा हो जाता है और उत्तरी सिरा नीचे होता है उस स्थानको पृथ्वीका उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव कहते हैं और जहां दक्षिणी सिरा नीचे होता है उसको पृथ्वीका दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव कहते हैं। उत्तरी ध्रुवपर सर जेम्स रोस (Sir James Ross) स० १८८७ में पहुचे। इस ध्रुवके देशान्तर ९६°४३'पू और शर ७३°३१' उ है। दक्षिणी ध्रुवपर सर अरनेस्ट शेकल्टन (Sir Ernest Shackleton) स० १९६५ विक्रमीको पहुचे। इस ध्रुवके देशान्तर १५५° १६'पू और शर ७२° २५'द हैं। इससे स्पष्ट है कि दोनों ध्रुव पृथ्वीके व्यासके सिरेपर नहीं हैं। उत्तरी ध्रुवका शर ७३°३१ उ को बजाय ७३° उ मान लें और इसी प्रकार दक्षिणी ध्रुवका शर ७२°२५ द को बजाय ७३°द मान लें तो ७३°उ और ७३°द को जोडती हुई जो रेखा खेंची जावे उसे चुम्बकीय अक्ष कहेंगे और पृथ्वीकी चुम्बकीय अक्ष और अक्षमें १७° का कोण होगा।

झुकावमापक चित्र ५५ में दिया जाता है—

इसमें चुम्बक क्षितिज अक्षपर रक्खा हुआ ऊर्ध्व तलमें घूम सकता है। एक ऊर्ध्व घेरा है जिसमें कोण बने हैं। चुम्बक और घेरा एकही ऊर्ध्वतलमें है और बकसके अन्दर बन्द है। बकस एक ऊर्ध्व अक्षपर घूमता है। क्षितिज अङ्कित घेरा (कोणवाला) बकसके नीचे लगा हुआ है। इस घेरेपर बकसमें लगा हुआ एक सूचक घूमता है जिससे बकसके स्थिति जाननेमें सुभीता होता है।



चित्र नं० ५५

मिलते है वही ध्रुव होते है। परन्तु सब याम्योत्तर एक स्थानपर उत्तरमें और दक्षिणमें न मिलकर दो दो याम्योत्तर एक एक स्थानपर उत्तर—(दक्षिण) में मिले। इनके मिलनेके स्थानोको मिलाती हुई जो रेखा खींची गयी उसने एक वक्र वक्र बनाया जिसका केन्द्र ध्रुव माना जा सकता था।

गौसने (Gauss) इसके बाद यह साबित किया कि पृथ्वीके दो उत्तरी और दो दक्षिणी ध्रुव तो नहीं हो सकते। यदि एकसे अधिक हो तो भी तीन होने चाहिये और यह तीसरा ध्रुव उन दो के बीचमें होना चाहिए और एक ध्रुवका स्थान भी रोसके पहुचनेसे पहले अपने सिद्धातसे निकाला। उनके निकाले हुए शर और देशान्तर नीचे दिये जाते हैं।

	शर	देशान्तर
उत्तरी ध्रुव	७३ ३५ उ	९५°३९' पू
दक्षिणी "	७२°३५' द	१५२°३०' प

यह ध्रुवोके असली स्थानोसे कितने मिलते जुलते हैं।

उनका सिद्धान्त तो बहुत कठिन है और ... भी और समय रखा जावेगा ... जानना आवश्यक है क्योंकि

भागोंपर झुकता है और सिरोंपर बिलकुल सीधा खड़ा हो जाता था। लोगोंका मत था कि दिक्सूचकका चुम्बक उत्तर दक्षिण दिशामें इसलिए रहता है कि ध्रुव तारा उसको खेंचता है। डाकृर गिलबर्ट के इस प्रयोगसे यह मत बदल गया और पृथ्वीके चुम्बकत्वकी खोज अधिक होने लगी। स० १८५७ में हेलीने (Halley) पहले पहल सम हटाव वाली रेखाएं नकशेपर खेंची, इनकी शकल देखकर हैंस्टीनने (Hansteen) यह फल निकाला कि पृथ्वीके चार ध्रुव हैं, दो उत्तरी और दो दक्षिणी। इनमेंसे दो प्रबल और दो दुर्बल हैं। उनके स्थान हैंस्टीनके निकाले हुए नीचे दिये जाते हैं।

	शर	देशान्तर
प्रबल उत्तरी ध्रुव	७०°५' उ	९९° ७५' पू
दुर्बल ”	८५°२१' उ	११८°३९' पू
प्रबल दक्षिणी ध्रुव	६९°२६' द	१३८ ३५' प
दुर्बल ”	७७°१७' द	१२°५७' प

समहटाववाली रेखाएं जहाजके चलानेवालोंको लाभदायक हैं किन्तु पृथ्वीके चुम्बकत्वका हाल इनसे ठीक ठीक नहीं मालूम हो सकता। इसलिए ड्यूपरेने (Duperry) चुम्बकीय याम्योत्तर खेंचे। जिन स्थानोपर सब याम्योत्तर

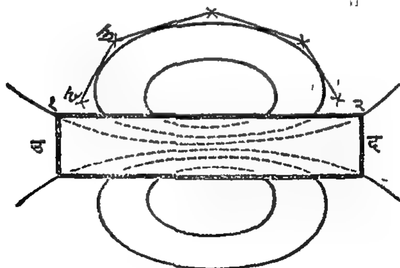
रक्खो। छोटे चुम्बकके सिरोंके पास एक वारीक पेंसलकी नोकसे दो विन्दु वना लो जैसा चित्र में दिखलाया गया है। छोटे चुम्बकको इस स्थानसे हटाओ और दूसरे स्थानपर इस तरह रक्खो कि उत्तरी सिरेके सामनेवाला चिन्ह दक्षिणी सिरेके सामने हो जावे। इस स्थानपर चुम्बकको रखकर उत्तरी सिरेके सामने एक चिन्ह वना लो। चुम्बक-को दक्षिणी सिरेकी ओर हटाते चलो और इस तरह रखते चलो कि उत्तरी सिरेके सामनेवाला चिन्ह दक्षिणी सिरेके सामने आता जावे। जब रक्खे हुए चुम्बकके दक्षिणी सिरेके निकट पहुच जाओ, छोटे चुम्बकको उठा लो और चिन्होंको जोड़ती हुई रेखाएँ खँचो। इसके वाद इन छोटी छोटी रेखाओंके वीचके विन्दुपर स्पर्श करती हुई एक रेखा खँचो यह शक्तिकी रेखा हुई। अव इसकी परिभाषा इस प्रकार दी जा सकती है।

शक्तिकी रेखा ऐसी रेखा होती है जिसके प्रत्येक विन्दुपर की स्पर्शरेखा शक्तिकी दिशा वतलाती है।

शक्तिकी वहुत सी रेखाएँ क्षेत्रमें खींची जा सकती हैं जैसा कि चित्रोंमें दिखलाया गया है। उत्तरी सिरा दक्षिणकी ओर और दक्षिणी सिरा उत्तरकी ओर वदलनेसे इनका आकार वदल जावेगा।

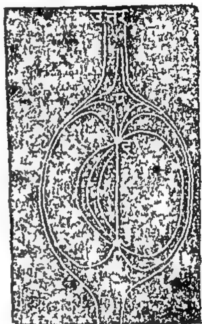
उनसे बहुत काम पड़ता रहता है। उसके तत्व थे शक्ति और अवस्था की (potential) रेखाएँ।

किसी स्थानपर रखे हुए चुम्बकका असर जितनी हदतक और चुम्बकोंपर पड़े उस हदके अन्दरकी जगहको चुम्बककी चुम्बकीय शक्तिका क्षेत्र कहते हैं। इस क्षेत्रके अन्दर जो रेखाएँ इस प्रकार खींची जायें उनको शक्तिकी रेखाएँ कहते हैं- चुम्बकको एक बड़े कागजके टुकड़ेपर चुम्बकीय उत्तर दक्षिण दिशामें रक्खो। या तो तागेसे लटका हुआ एक छोटासा चुम्बक या एक छोटा दिक्सूचक चुम्बकके उत्तरी सिरेके पास एक स्थानपर

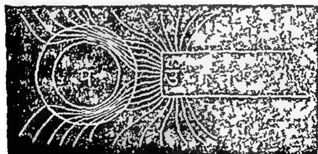


चित्र ५६

इन रेखाओंसे समकोण बनाती हुई जो रेखाएं खींची जावें उनको अवस्था रेखाएं (potential lines) कहते हैं। छोटे छोटे दिक् सूचकों में जो इन रेखाओंके खींचनेके काममें आते हैं बहुधा एक छोटासा सूचक चुम्बकसे समकोण बनाता हुआ लगा देते हैं। जैसे चुम्बकसे शक्तिकी

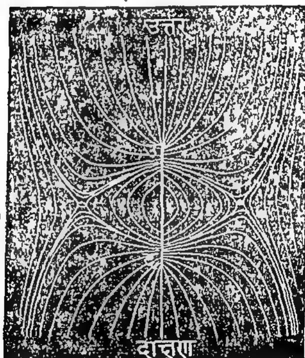


चित्र ४८



चित्र ४९—इस वृत्तके भीतर बल रेखाएं नहीं हैं।

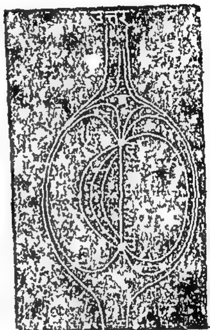
[चित्र ५८] वास्तवमें इन रेखाओंका आकार ज़रासे परिवर्तनसे बदल जाता है [चित्र ६०]। एक लोहेका टुकडा पास लानेसे कुछ और हो हो जावेगा। [चित्र ५६]



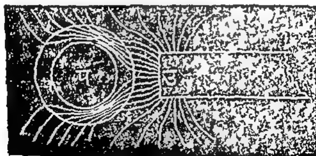
चित्र ५७

चित्र ५६ में छोटी छोटी रेखाएँ शक्तिकी रेखाकी स्पर्श रेखाएं हैं और जिस बिन्दुपर खींची गयी हैं उसपर शक्तिकी दिशाएं सूचित करती हैं।

इन रेखाओंसे समकोण बनाती हुई जो रेखाएं खींची जावें उनको अवस्था रेखाएं (potential lines) कहते हैं। छोटे छोटे दिक् सूचकों में जो इन रेखाओं के खींचनेके काममें आते हैं बहुधा एक छोटासा सूचक चुम्बकसे समकोण बनाता हुआ लगा देते हैं। जैसे चुम्बकसे शक्तिकी

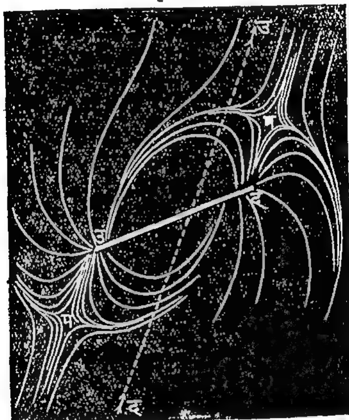


चित्र ४८



चित्र ४६—इस वृत्तके भीतर बल रेखाए नहीं हैं।

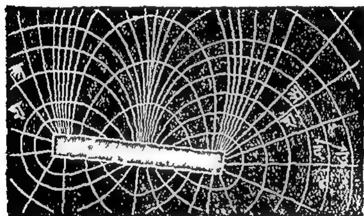
रेखा खींचते हैं उसी प्रकार सूचकसे अवस्था रेखाएं खींचते हैं। चित्र ६१ में 'अ' अवस्थाकीऔर 'श' शक्तिकी रेखाएं हैं।



चित्र ६०

इन रेखाओंका पूरा पूरा महत्व तो बिना डाइनमो और मोटरोंकी बनावटका हाल जाने नहीं मालूम होगा। यहा इनके महत्वके संबंधमें इतना

ही कहना काफी है कि इनकी सहायतासे गौस पृथ्वीके ध्रुवोंका स्थान पहलेसे बता सके। ऐसा माना जाता है कि यह शक्तिकी रेखाएं उत्तरी सिरेसे हवामें निकलती हैं और दक्षिणी सिरेसे चुम्बकके अन्दर जाती हैं। यह कभी टूटती नहीं यह बन्द और बे सिरोवाली मानी जाती हैं। जैसे



चित्र ६१

चित्र ५६ में १से लेकर २ तक हिस्सा बाहर और २ से लेकर १ तक हिस्सा लोहेके अन्दर है। बीचके थोड़ेसे हिस्सेपर रेखाएं हैं ही नहीं। यह हिस्सा चुम्बकत्व रहित मालूम पड़ता है। जैसा पहले देख चुके हैं इस हिस्सेमें लोहेके छोटे छोटे टुकड़े नहीं चिपटते हैं। जब यह रेखाएं बाहर निक-

लती हैं तब चुम्बकत्व जान पडता है। रेखाओंके निकलनेको उनका विकीरण कहते हैं। बीचके हिस्सेमें विकीरण नहीं होता है।

उत्तरी या दक्षिणी सिरेके पास लोहेका टुकडा रखनेसे जो रेखाएं बहुत फैली हुई होती हैं इकट्ठी हो जाती हैं और यह टुकडा चुम्बकके जितना निकट होता है उतनी ही अधिक रेखाएं इकट्ठी अर्थात् घनी होती हैं [चित्र ४६]। जो चार चुम्बकोंका एक चौखटा उनके विषमजातीय सिरे मिलाकर बनाया था और यह बतलाया था कि ऐसे चौखटेमें चुम्बकत्वका पता नहीं चलेगा, इसका कारण यह है कि ऐसे चौखटेमें बहुत कम शक्तिकी रेखाएं बाहर निकलेंगी। वह एकसे दूसरे दूसरेसे तीसरे तीसरेसे चौथेमें और चौथेसे पहलेमें चली जावेंगी और जिस चूडीमें रेखाएं अक्षके समानान्तर हों उसमें तो चुम्बकत्वका पता चलना बिना काटे बिलकुल ही असम्भव है।

लोहेके टुकडेको चुम्बकके स्पर्शसे चुम्बक बनाते समय उस टुकडेके बेतरतीब अणु चुम्बकोंको चुम्बककी शक्तिकी रेखाओंसे उनकी दिशामें फेर देते हैं और जितनी रेखाएं घनी होती हैं उतना ही चुम्बक प्रबल और जलदी बनता है।

पृथ्वीसे चुम्बक वनानेकेलिए लोहेके टुकडेको झुकावसूचककी दिशामें रखकर हथोडेसे ठोकना चाहिए क्योंकि झुकावसूचक शक्तिकी रेखाकी दिशामें होता है और इस दिशामें छड रखकर ठोकनेसे अणु चुम्बक बहुत जल्दी शक्तिकी दिशामें आ जावेंगे ।

ऊपरी दी हुई रीतिसे एक एक रेखा खेंचनी पडतीहै और जब क्षेत्रमें बहुतसी रेखाएं खिच जाती हें तब उनका हाल मालूम होता है परन्तु एक शीशेके बडे टुकडेपर चुम्बक रखकर और लोहेके छोटे छोटे टुकडोंको उसपर बुरककर एक ही दममें सबका अनुमान हो सकता है । यह छोटे छोटे टुकडे शक्तिकी रेखाए बनाकर चुम्बकके चारो ओर जम जाते हैं यदि शीशेको गरमकर कर जरा मोम उसपर फेला लें तो ठडे होनेके बाद यह टुकडेशक्तिकी रेखाओंके स्थानोंमें जम जावेंगे और सदैवकेलिए रेखाए बन जावेंगी ।

जो स्थान उत्तरी सिरेके निकट हवामें होते हें वह उच्चअवस्थाके (at higher potential) माने जाते हें और जितने उससे दूर होते जाते हैं उतनी ही उनका अवस्था (potential) गिरती जाती है, यहां तक कि जो स्थान अनन्ततापर (infinity)

होता है उसकी अवस्था ० मानी जाती है। जितना काम एक इकाई प्रबलतावाले सिरेको अनन्ततासे एक स्थानपर निराकरणके मुकाबिलेमें लानेमें करना पड़ता है वही उस स्थानकी अवस्थाका माप होता है। हमको बहुधा दो स्थानोंकी अवस्था भेदसे काम पड़ता है। किसी स्थानकी अवस्था जानना बहुत आवश्यक नहीं। दो स्थानोंकी अवस्था भेद उस कामके बराबर है जो एक इकाई प्रबलतावाले उत्तरी सिरेको एक स्थानसे दूसरे स्थानतक निराकरणके मुकाबिले करना पड़ता है।

१२–चुम्बकीय नाप तौल।

चुम्बकत्व के बारे में जितना ऊपर दिया गया है, उसमें केवल कुछ प्रयोग देकर यह बतला दिया गया है कि उनके द्वारा जाची हुई बातोंसे चुम्बकीय नाप तौल कैसे की जाती हैं, पर यह नहीं बतलाया गया है कि किसी प्रयोग से कोई विशेष परिणाम क्यों और किन सिद्धान्तों के अनुसार निकाला जाता है। यहापर इन मौलिक सिद्धान्तोंका उल्लेख ही उद्दिष्ट है जिनको

समझकर प्रयोगोंके सब अनुष्ठान समझमें आ जायगे।

स्वतन्त्र लटके हुए चुम्बकपर क्या प्रभाव पडता है ?

जब किसी चुम्बकको किसी अक्षपर आरूढ़ कर देते हैं और उसके निकटसे अन्य चुम्बक या लोहेके टुकडे हटा लेते हैं, उसपर केवल पृथ्वीकी चुम्बकीय शक्ति ही प्रभाव डालती है। इस शक्तिका पूर्ण रूपसे प्रभाव चुम्बकपर तभी पड सकता है जब चुम्बककी चुम्बकीय अक्ष झुकावसूचकके समानान्तर हो। यदि अक्ष समानान्तर न होगी तो पूर्ण रूपसे प्रभाव नहीं पडेगा, जैसे यदि अक्ष समतल या ऊर्ध्व हो तो पृथ्वीकी शक्तिके केवल समतल या ऊर्ध्व अवयवका ही प्रभाव पडेगा।

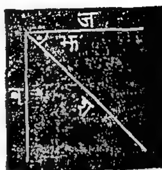
पृथ्वीके चुम्बकत्वके समतल अवयवका महत्व

प्राय चुम्बकको इस प्रकार रखना या लटकाना सुगम है कि उसकी चुम्बकीय अक्ष समतल रहे। अतएव पृथ्वीकी चुम्बकीय शक्तिके समतल अवयवसे ही काम पडता रहता है और इसीका मालूम करना भी हमारे लिए आवश्यक है।

समतल अवयवसे पृथ्वीकी पूर्ण चुम्बकीय शक्ति निकालनेकी विधि

दूसरे त्रिकोणमितिके नियमोंकी सहायतासे

इस समतल अवयवके मालूम होनेसे ऊर्ध्व अवयव और पूर्ण शक्ति भी मालूम हो सकती हैं। मान लो पूर्ण शक्ति श है और ज इसका क्षितिज और व ऊर्ध्व अवयव है। श और ज के बीचका कोण झ झुकावका कोण हुआ। यह झुकाव सूचकसे मालूम किया जा सकता है। [देखो चित्र ६२]



चित्र ६२

$$\frac{ज}{श} = \text{कोज्या } झ$$

$$श = \frac{ज}{\text{कोज्या } झ}$$

$$= ज \times \text{छेदनरेखा } झ$$

इस समीकरणसे पूर्ण शक्ति निकाली जासकती है। ऊर्ध्व अवयव निकालनेके लिए—

$$\frac{व}{ज} = \text{स्पर्शरेखा } झ$$

$$व = ज \times \text{स्पर्शरेखा } झ$$

(१) चुम्बकीय प्रभावके समतल अवयवके नापनेकी रीति-

मान लो कि चुम्बकत्वमापकका चुम्बक $व_१$ $द_१$ है। यदि इसके केन्द्रकी प्रबलता $प_१$ मान

लें और पृथ्वीकी चुम्बकत्वके प्रभावका समतल अवयव म की बराबर हो तो चुम्बकके प्रत्येक सिरेपर $प_{१}$ म शक्ति काम करेगी। इनमेंसे एककी दिशा उत्तर और दूसरेकी दक्षिण है, अतएव यह बराबरकी दो शक्तियां विपरीत समानान्तर दिशाओंमें काम करती हुई युगल बनाती हैं।

इसका प्रायोगिक प्रमाण यह हो सकता है कि एक पीतलके बडे प्यालेमें पानी भरकर उसमें एक काग छोड दो,काग पानीमें तैरता रहेगा। इस काग पर एक हलका चुम्बक रखो जिससे काग चुम्बक सहित तैरता रहे। यदि चुम्बककी दिशा उत्तर दक्षिण न होगी तो काग घूमकर केवल उत्तर दक्षिण दिशामें आ ठहरेगा परन्तु अपनी जगहसे तनिक भी न हटेगा। दूसरे, चुम्बक बनानेके पश्चात् लोहे के छडके बोझमें कोई भेद नहीं पडता। इसलिए जितना एक सिरा खिंचता है उतना ही दूसरा हटता है। यदि एक छोरपर दूसरेकी अपेक्षा अधिक शक्ति काम करती तो चुम्बकका बोझ बढ जाना चाहिये था।

यदि इस चुम्बकके दोनों केन्द्रोंके अन्तरको $द_{२}$ मान लें और चुम्बकको घुमाकर इस प्रकार

रख दें कि इसकी अक्ष शक्तिकी दिशाके साथ सम कोण बनावे तो उस युगलका घूर्ण जो इसको शक्तिकी दिशामें घुमाकर लानेका यत्न करेगा $द_2$ प्र $प_1$ के बराबर होगा। पर $द_2$ $प_1$ चुम्बक का चुम्बकीय घूर्ण है इसलिए

इस युगलका घूर्ण = प्र × चुम्बकीय घूर्ण
≐ प्रभावका समतल अवयव
× चुम्बकीय घूर्ण

यदि प्रभावका समतल अवयव इकाईकी बरा बर हेा तो युगलका घूर्ण चुम्बकीय घूर्णके बराबर होगा। इसलिए चुम्बकीय घूर्णकी परिभाषा इस प्रकार दी जा सकती है।

चुम्बकका चुम्बकीय घूर्ण उस युगलके घूर्णके बराबर है जो इकाई प्रभावके क्षेत्रमें स्वतन्त्रतापूर्वक घूमनेवाले चुम्बकको क्षेत्रकी दिशासे समकोण बनाता हुआ ठहरा सकता है।

यह परिभाषा पहले दी हुई परिभाषासे बहुत ही उत्तम है, क्योंकि इस युगलके घूर्णका नापना, केन्द्रोंके पता चलाने और उनकी बीचकी दूरी नापनेसे बहुत सुगम है। चुम्बकत्वमापकके गज़पर उसके दिक्सूचकके पूर्व अथवा पश्चिममें व द एक चुम्बक जिसके केन्द्रोंकी प्रबलता प प की बराबर और उनके बीचकी दूरी २ ल के

बरावर हो इस प्रकार रखो कि उसकी अक्ष पूर्व पश्चिम हो।

मान लो कि दोनो चुम्बकोंके मध्य विन्दुओंकी दूरी द के बरावर है। इस चुम्बकके रखनेसे दिक्सूचकका चुम्बक थोडासा हट जायगा। (चुम्बक इतनी दूरीपर रखना चाहिए कि यह हटाव ५° या ७° से अधिक न हो।) मान लो कि दिक्सूचक $उ_१ द_१$ स्थानमें ठहरा है और हटावका कोण क° के बरावर है। इस हटी हुई जगहमें दिक्सूचकपर दो युगल लगे हुए हैं। इनमें से एक पृथ्वीके चुम्बकत्वके कारण पेदा हुआ है और दि०सू०को पहले स्थानपर लाना चाहता है। दूसरा इस चुम्बकके रखनेसे उत्पन्न हुआ है और दि०सू० को उसकी जगहसे हटाता है। दि०सू०के ठहरनेपर इन दोनोंके घूर्ण बरावर होने चाहिए। पृथ्वीवाले युगलका घूर्ण बरावर है

$= प_१ \times भ \times उ_१ म$

$= प_१ \times भ \times द_२ \times ज्याक$, [क्योंकि $उ_१ म = द_२ \times ज्याक$]

$= भ \times च_१ \times ज्याक$, जहा $च_१$ चुम्बकीय घूर्णके लिए लिखा गया है, जो $प_१$ और $द_२$ के गुणन फलकी बरावर है। [देखिये चित्र ६३]

$$= \frac{२ च \times च_{१} \times द}{(द^{२} - ल^{२})^{२}} \times \text{कोज्या क}$$

और यदि द के मुकाबिले ल छोटा हो तो

$$= \frac{२ च च_{१} \times द}{द^{४}} \text{ कोज्या क}$$

$$= \frac{२ च च_{१}}{द^{३}} \text{कोज्या क} \qquad (२)$$

जैसा कि ऊपर कह आये हैं दोनों युगलोंके घूर्ण बराबर हैं, इसलिए $च_{१}$ म ज्या क $= २ \frac{च च_{१}}{द^{३}}$ $\times$ कोज्या क, समीकरण (१) और (२) से

$च_{१}$ दोनों तरफ होनेसे कट जाता है इसलिए

$$\frac{१}{२} म \frac{\text{ज्या क}}{\text{कोज्या क}} द^{३} = च$$

अथवा $\frac{१}{२} द^{३}$ स्पर्श क $= \frac{च}{म}$ (३)

इस समीकरणके बांई तरफ वाली सब राशिया मालूम हैं इसलिए दांई तरफवाली दो राशियोंमेंसे एक मालूम होनेसे दूसरी मालूम हो सकती है।

यदि चुम्बकीय घूर्ण मालूम न हो तो एक दूसरा समीकरण इस प्रकार निकाला जाता है। कम्पन धक्सके अन्दर झूलते हुए चुम्बकके झोटेका समय इस समीकरणसे निकलता है।

$$स\ (समय) = २π\sqrt{\frac{मात्रा\ घूर्ण}{चम}}$$

च और म चुम्बकीय घूर्ण और क्षेत्रके प्रभावके लिए लिखे गये हैं और मात्राका घूर्ण चुम्बकके आकार और झूलनेकी अक्षपर निर्भर है। यदि चुम्बकका आकार चौकोर दण्डका सा हो और मोटाईके समानान्तर अक्षपर झूलता हो तो उसके मात्राका घूर्ण =

$$चुम्बककी\ मात्रा \times \frac{(लम्बाई)^२ + (चौड़ाई)^२}{१२}$$

और यदि चुम्बकका आकार गोल दण्डका सा हो तो =

$$चुम्बककी\ मात्रा \times \left(\frac{(लम्बाई)^२}{१२} + \frac{(व्यास)^२}{१६}\right)$$

म से मात्राके घूर्णको सूचित कर के इस समीकरणको इस प्रकार लिख सकते हैं।

$$स = २π\sqrt{\frac{म}{चम}}$$

$$\text{अथवा } स^{2} = ४ π^{2} \times \frac{म}{च प्र}$$

$$\text{अथवा } च प्र = \frac{४ π^{2} म}{स^{2}} \qquad (४)$$

इस समीकरणको तीसरे समीकरणसे भाग देनेसे "$प्र^{2}$" निकल आता है।

$$च प्र / \frac{च}{प्र} = \frac{४ π^{2} म}{स^{2}} \Big/ \frac{१}{२} \; द^{३} \text{ स्पर्श } क$$

यहां च तो कट जायगा और

$$प्र^{2} = \frac{८ π^{2} म}{स^{2} \; द^{३}} \text{ स्पर्श } क$$

इन दोनों समीकरणोंको गुणा करनेसे प्र कट जायगा और $च^{2}$ निकल आवेगा। इस प्रकार चुम्बकीय घूर्ण और शक्तिका प्रभाव निकल आते हैं।

(७) ऐंठनतुलासे चुम्बकोंकी प्रबलताओंकी तुलना करना

ऐंठन तुलासे चुम्बकोंकी प्रबलताओंकी तुलना करनेकेलिए एक चुम्बकको पहले रकाबमें रखकर तारका ऊपरका सिरा घुमाया जाता है जबतक कि चुम्बक थोड़ासा हट न जावे। मान लो

चुम्बकको $क^{\circ}_{१}$ अश हटानेकेलिए ऊपरवाले सिरेको $क^{\circ}$ अश घुमाना पडा तो तारमें $क^{\circ} - क^{\circ}_{१}$ पेंठन रही।

इस पेंठनके युगलका घूर्ण =

$$(क^{\circ} - क^{\circ}_{१}) \times स \qquad (१)$$

[इन समीकरणोंमें स एक स्थिर सख्या है।]

और हटी हुई अवस्थामें पृथ्वीवाले युगलका घूर्ण = $च\ म\ ज्या\ क_{१}$ (२)

जहां चुम्बकीय घूर्ण च के बराबर और शक्तिका प्रभाव म के बराबर हैं।

इसी प्रकार यदि दूसरे चुम्बकको $क_{१}^{\circ}$ हटानेकेलिए तारके सिरेको $क^{\circ}_{२}$ घुमाना पडे तो इसके सम्बन्धी युगलोंके घूर्ण = $(क_{२}^{\circ} - क_{१}^{\circ}) \times स$ और $च_{१}\ म\ ज्या\ क_{१}$ जहां इसका चुम्बकीय घूर्ण $च_{१}$ के बराबर है।

इनमेंका प्रत्येक चुम्बक अपने नये स्थानपर साम्यावस्थामें है इसलिये प्रत्येकपर लगे हुए दोनो युगलोके घूर्ण बराबर होने चाहियें।

$$(क^{\circ}_{२} - क^{\circ}_{१}) \times स = च_{१}\ म\ ज्या\ क_{१} \quad (३)$$

और

$$\left[क^{\circ} - क^{\circ}_{१}\right] \times स = च \; प्र \; ज्या \; क_{१} \quad . \quad (४)$$

(३) को (४)से भाग देने से

$$\frac{च_{१}}{च} = \frac{क^{\circ}_{२} - क^{\circ}_{१}}{क^{\circ} - क^{\circ}_{१}}$$

चुम्यकीय घूर्णोंकी तुलना इस प्रकार हो सकती है। यदि दोनो चुम्यकोंके केन्द्रोंके बीचकी दूरी एक ही हो तो प्रबलताओंका भी यही सम्बन्ध होगा।

(३) चुम्बकत्वमापकसे प्रबलताओंकी तुलना करना

किसी चुम्यकको चुम्यकत्व मापकपर रखनेसे यह समीकरण मिलता है, जैसा पृष्ठ ११८ पर लिख कर चुके हैं—

$$\frac{१}{२} \; द^{३} स्पर्श \; क = \frac{च}{प्र}$$

और इसी प्रकार दूसरेको (यदि बराबर लम्बा चौडा हो) रखनेसे मिलता है।

$$\frac{१}{२} \; द^{३} \; स्पर्श \; क_{१} = \frac{च_{१}}{प्र} \; (२)$$

(१) को (२) से भाग देनेसे चुम्बकीय घूर्णोंका सम्बन्ध मालूम हो जाता है।

$$\frac{\text{स्पर्श क}}{\text{स्पर्श क}_१} = \frac{\text{च}}{\text{च}_१}$$

(४) चुम्बकोंकी प्रबलताओंका मुकाबिला झोटोंका समय निकाल कर करना।

एक चुम्बकके झोटेका समय

$$\text{स} = २\pi\sqrt{\frac{\text{म}}{\text{च प्र}}} \quad (१)$$

यदि "म" इसके मात्राका घूर्ण और च चुम्बकीय घूर्ण हेा तेा। इसी प्रकार दूसरेके झोटेका समय

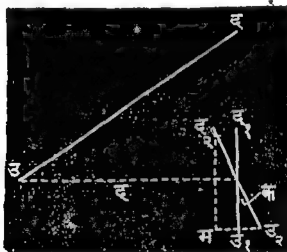
$\text{स}_१ = २\pi\sqrt{\frac{\text{म}_१}{\text{च प्र}}}$ यदि $\text{म}_१$ दूसरे चुम्बकके मात्राका घूर्ण और '$\text{च}_१$' इसका चुम्बकीय घूर्ण हेा।

(१) को (२) से भाग देनेसे $\frac{\text{स}}{\text{स}_१} = \sqrt{\frac{\text{म च}_१}{\text{म}_१ \text{ च}}}$

यदि दोनों चुम्बकाकी लम्बाई चौडाई और बोझ बराबर हेा तेा म और $\text{म}_१$ बराबर होकर कट जावेंगे और च और $\text{च}_१$ की तुलना हेा जावेगी।

(५) दो सिरामें आकर्षण, अथवा निराकरणकी शक्ति दूरीके वर्गके साथ विपरीत संबंध रखती है।

चुम्बकत्वमापकसे इस नियमकी जांच करते समय चुम्बकको इस प्रकारसे रखा था कि उसका एक सिरा क्षितिज धरातलमें था और दूसरा दिक्सूचकके चुम्बकके बीचके ऊपर। जो युगल दिक्सूचकके चुम्बकको हटा देता है जिससे वह $उ_2$ $द_2$ स्थानमें जाकर ठहरता है उसकी



उ द चुम्बक है, $उ_1$ $द_1$ –दिक् सूचक है, द-दूरी है। $उ_2$ $द_2$ –दिक सूचक की नई स्थिति।

चित्र ६४

शक्तियां $= \frac{पप_1}{द^2}$ और $-\frac{पप_1}{द^2}$ हैं जहां प $प_1$ चुम्बकों·

के केन्द्रोंकी प्रवलताएँ है और चुम्वकका उत्तरी सिरा चुम्वकत्वमापकके केन्द्रसे द दूरीपर है। इस युगलका घूर्ण $= \frac{पप_1}{द^2} \times ल \times$ कोज्या क जहा क विचलनका कोण है और ल दिक्सूचकके केन्द्रोंके वीचकी दूरी है। पृथ्वीवाले युगलका घूर्ण $= प_1 \times प्र \times ल$ ज्याक इन देानेा युगलोकेघूर्ण वरावर ह इसलिए

$$\frac{पप_1}{द^2} \times ल \times \text{कोज्याक} = प_1 \times प्र \times ल \text{ ज्या क},$$

b_1 और ल कट जाते हैं। इसलिए

$$\frac{प}{प्र} = द^2 \times \text{स्पर्श क}$$

प और प्र तेा दूरी वदलनेसे वदलते ही नहीं हैं, इसलिए इस नियमकी सत्यताकेलिए यह आवश्यक है कि दूरीकेवर्ग और विचलनकेकोणकी स्पर्शरेखाका गुणनफल एक ही रहे। यह उस प्रयोगमें सावित कर दिया गया था। जिस प्रकार नीचे रखे हुए सिरेसे क्षितिज धरातलमें युगल उत्पन्न हेा जाता है, उसी प्रकार ऊपर वाले सिरेकी उपस्थितिसे ऊर्ध्वतलमें युगल उत्पन्न

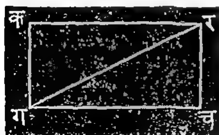
होता है, जिसका क्षितिज धरातलमें कोई असर नहीं होता है। यही इस रीतिका सबसे बड़ा उपयोग है।

१३-परिशिष्ट

(१)

शक्तिके अवयव

यह हम पहले बतला चुके हैं, कि यदि दो शक्तियां गच और गक एक विन्दु ग पर मिलती हों और उनका परिमाण तथा दिशाएं गक और गच रेखाओंसे सूचित की जाय, तो उनका लब्ध-परिमाण तथा दिशामें-गर द्वारा सूचित किया जायगा।



चित्र ६५

ग र का परिमाण निकालना बहुत सुगम होता है, यदि कगच कोण सम कोण हो।

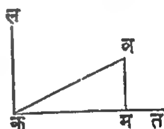
अब सोचिये कि ग पर एक शक्ति लगी हुई है, जो परिमाण

तथा दिशामें गर द्वारा सूचित की जाती है। इस शक्ति का प्रभाव गच या गक दिशाओंमें क्या होगा?

स्पष्ट है कि जब गर, गच और गक का लब्ध है, तो गर का प्रभाव गच और कग के बराबर होगा।

इस प्रकार हम किसी शक्ति का प्रभाव किन्हीं दो दिशाओंमें, जो एक दूसरेसे समकोण बनाती हों, सहजमें ही निकाल सकते हैं।

मानलो कि कव शक्तिके अवयव कत और कल दिशाओंमें निकालने हैं।



चित्र ६६

यदि कोण वकत = क१, तो वक का अवयव कत दिशामें

=कम

=कव कोज्या क१

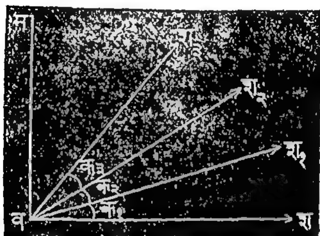
इसी प्रकार कल दिशामें कव का अवयव

=मव

=कव ज्या क१

यदि केवल एक ही दिशामें किसी शक्तिका अवयव निकालना हो तो, शक्तिको उस कोणके कोज्या से गुणा करना चाहिये, जो शक्ति और उस दिशाके बीचमें हो।

यदि एक विन्दु पर दो से अधिक शक्तियें लगी हों और उनकी दिशाए मालूम हों तो शक्तियों के अवयव दो दिशाओंमें, जो एक दूसरेसे



चित्र ६७

समकोण वनाती हों, निकाल कर उनके लब्धका परिमाण और दिशा निकालना सुगम है। मानलो एक विन्दु व पर चार शक्तिया श, $श_1$, $श_2$, $श_3$ लगी हुई हैं। उनकी दिशाए चित्रमें दी हुई हैं। शकी दिशाको तो एक नियत दिशा और वम को जो उससे समकोण वनाती है दूसरी दिशा मान लो। अब

यश दिशामें श का अवयव = श

,, $श_१$,, = $श_१$ कोज्या $क_१$

,, $श_२$,, = $श_२$ कोज्या [$क_१$ + $क_२$]

,, $श_३$,,

= $श_३$ कोज्या [$क_१$ + $क_२$ + $क_३$]

इन सब अवयवों का लब्ध इनके जोडके बराबर है क्योंकि यह सब एक ही दिशामें हैं। मान लो कि इनका जोड = $ज_१$

व म दिशा में श का अवयव = श कोज्या ६०

= श × ० = ०

,, ,, $श_१$,, = $श_१$ ज्या $क_१$

,, ,, $श_२$,, = $श_२$ ज्या [$क_१$ + $क_१$]

,, ,, $श_३$,, = $श_३$

ज्या [$क_१$ + $क_२$ + $क_३$]

इन सब अवयवोंका लब्ध इनके जोडके बराबर है, क्योंकि सब एकही दिशामें हैं। मानलो इनका जोड = $ज_२$

$ज_१$ औरज$_२$ की दिशाओंके बीचमें समकोण है। इसी कारण उनका लब्ध = $\sqrt{ज_१^२ + ज_२^२}$

और यही चारों शक्तियोंका लब्ध हुआ। मानलो श की दिशा और इस लब्ध की दिशा में क कोण है तो

स्पर्श $क = \frac{ज_२}{ल_१}$ शक्तियोंके लब्धका परिमाण और

उसकी दिशा दोनों मालूम हो गयीं।

(२)

विपरीत वर्गका नियम

हम पहले बतला चुके हैं कि दो चुम्बकीय सिरोंमें आकर्षण और निराकारण की शक्ति

$\frac{प\ प_१}{द^२}$ से सूचित होती है। [प और $प_१$

दो सिरों की प्रबलताएं हैं और द उनके बीचकी दूरी है]। परन्तु हम यह भी बतला देना आवश्यक समझते हैं कि यह नियम तभी लागू है जब दोनों सिरे शून्य अथवा हवा या और ऐसे पदार्थोंमें रखे हों जो अचुम्बकीय हैं अर्थात् जो चुम्बकसे आकर्षित नहीं होते, जैसे सोना चांदी तांबा इत्यादि। बिसमथ एक मौलिक है जो चुम्बकके पास लाये जानेपर दूर हटता है। इस प्रकारके पदार्थोंको विचुम्बकीय कहते हैं। लोहेके अतिरिक्त कोबाल्ट, निकल, और कई मिश्रित, जो ह्यूसलर मिश्रितके नामसे विख्यात हैं चुम्बक द्वारा खेंचीं

जा सकते हैं। यदि दो सिरोंके बीच अचुम्बकीय पदार्थ न होकर कोई चुम्बकीय पदार्थ हो तो उनके बीचकी शक्ति इस सूत्रसे निकाली जाती है।

$$शक्ति = \frac{प\ प_१}{ग\ द^२}$$

अर्थात् अ-चुम्बकीय पदार्थमें रखे होने पर जो सिरोंकी शक्ति होती है उसको चुम्बकीय पदार्थकी ग्रहण शक्ति 'ग' से भाग देते हैं। चुम्बकीय पदार्थोमें गृहण शक्ति धनात्मक मानी जाती है और वि-चुम्बकीय पदार्थोंमें ऋणात्मक वास्तवमें पदार्थोंके दो ही भाग करने चाहिए। उस भागके पदार्थोंके को जिनमें 'ग' धनात्मक हो चुम्बीय कहना चाहिए और दूसरों को जिनमें यह ऋणात्मक हो वि-चुम्बकीय। लोहेके सब रूपोंमें से स्थाई चुम्बकोंके लिए वह रुप सबस उत्तम है जिसके एक घन शतांश मीटरकी बाधा (Resistance) सबसे अधिक हो। पदार्थके एक शतांश मीटरकी बाधाको उसकी विशिष्ट बाधा कहते हैं। इसीलिए इस बात को यों भी कह सकते हैं कि वह लोहा स्थिर चुम्बकोंके लिए सबसे उत्तम है जिसकी विशिष्ट बाधा औरों से अधिक हो।

Printed by C Y Chintamani at the
Leader Press Allahabad

आर्यभाषामें एक मात्र सचित्र मासिकपत्र।

विज्ञान

वार्षिक मूल्य ३) प्रति कापी ।)

जिस विज्ञानके बलसे संसारकी कायापलट-सी हो रही है, उसे ही सीधी सादी, भाषामें समझाना, सिखाना, इस पत्रका काम है।

'विज्ञान' हिन्दी क्या, भारतीय सभी भाषाओं-में अपनी श्रेणीका पहला पत्र है। मगवाइये, पढ़िये, मित्रोंको दिखाइये, गृहदेवियो और बच्चोंको पढाइये। विज्ञानका प्रचार हो, और भाषा और देशका उपकार हो।

विज्ञानकी पुरानी जिल्द

शीघ्र मगवाइये। सुअवसर न खोइये। इनके रखनेसे आपके पास वैज्ञानिकविश्वकोष सदा बना रहेगा।

भाग ३, ४ और ५-प्रत्येकका मूल्य १॥) विज्ञानके ग्राहकोंसे केवल १।)

फुटकर अङ्क =)

विज्ञान परिषद् ग्रंथमाला—

विज्ञान प्रवेशिका (भाग १)—ले० रामदास गौड़, एम ए,
तथा सालिग्राम भार्गव, एम, एस सी, ।)

विज्ञान प्रवेशिका (भाग २)—ले० महावीरप्रसाद,
विशारद, बी एस सी, एल टी, १)

मिफताहउल फनून—(विज्ञान प्रवेशिका भाग
१ का उर्दू अनुवाद)—अनु० अध्या० सय्यद
मुहम्मद अली नामी, ।)

ताप—ले० प्रेमवल्लभ जोषी, बी एस-सी ।)

हरारत—(तापका उर्दू अनुवाद)—अनु० प्रो०
मेहदी हुसैन नासिरी ।)

विज्ञान ग्रंथमाला

पशुपक्षियोंका शृङ्गार रहस्य—ले० सालिग्राम वर्म्मा -)

ज़ीनत वहश व तैर—(उपरोक्त पुस्तकका
उर्दू अनुवाद) -)

केला—ले० प० गगाशकर पचोली -)

स्वर्णकारी— ” ” ।)

चुम्बक—ले० सालिग्राम भार्गव, एम एस-सी ।≈)

गुरुदेवकी ससार यात्रा—ले० वसीश्वर सेन०, अनु०
महावीरप्रसाद, बी एस सी, एल टी विशारद, ।≈)